SOLUCIONES Y EQUILIBRIO DE SOLUBILIDAD (K_{PS})

Cynthia Fernandez - cyntuche@hotmail.com

Clorato de potasio ($KClO_3$)

Objetivos:

- Analizar la influencia de la temperatura sobre la solubilidad.
- Calcular la constante producto de solubilidad de una sal.

A. Influencia de la temperatura sobre la solubilidad

Reacción estudiada:

$$2\ KI_{(aq)} + Pb(NO_3)_{2\,(aq)} \longleftrightarrow PbI_{2\,(s)} + 2\ KNO_{3\,(aq)}$$

$$PbI_{2\,(s)} \longleftrightarrow Pb^{2+}_{(aq)} + 2\ I^{-}_{(aq)}$$

Observaciones:

Las soluciones de nitrato de plomo y ioduro de potasio son de color transparente. Al mezclar ambas soluciones a temperatura ambiente, se forma ioduro de plomo, un compuesto sólido de color amarillo que precipita, dando un color amarillo turbio a la solución y observándose un efecto de lluvia dorada. Al calentar la solución, se llega a una temperatura en la que el precipitado se disuelve completamente, volviendo la solución a su color original (transparente). Si se deja enfriar la solución, comienzan a aparecer unas partículas doradas (el efecto de lluvia dorada antes mencionado) pues reaparece el precipitado de ioduro de plomo.

B. Determinación de una masa incógnita de $KClO_3$

Soluciones	1	2	3
Volumen de agua / ml	5,0 ± 0,1	10,0 ± 0,1	15,0 ± 0,1
Temperatura a la que aparecen los cristales / ºC	84,5 ± 1	54,0 ± 1	40,0 ± 1
Concentración	42,87 ± 0,84	21,30 ± 0,57	14

g st / 100 g agua			
Masa de muestra / g	2,14 ± 0,08	2,13 ± 0,08	2,1 ± 0,01
Promedio de masas / g	2,12 ± 0,06		

Nota: la temperatura T_1 es un promedio de las temperaturas leídas las tres veces que fue realizada la experiencia.

Expresión de $K_{PS\ KClO3}$:

$K_{PS\ KClO3} = [ClO_3^-] \cdot [K^+]$

C. Determinación de la concentración de IO_3^-

Fundamento:

El yodo del anión IO_3^- se reduce para dar I_2 y lo mismo ocurre con el ión ioduro del KI que se oxida para dar también I_2 según la siguiente reacción de óxido-reducción:

$$2\ IO_3^- + 10\ e^- + 12\ H^+ \rightarrow I_2 + 6\ H_2O$$
$$10\ I^- \rightarrow 5\ I_2 + 10\ e^-$$
$$\text{----------}$$
$$12\ H^+ + 2\ IO_3^- + 10\ I^- \rightarrow 6\ I_2 + 6\ H_2O$$

Por estequiometría, sabemos entonces que $3\ [IO_3^-] = [I_2]$

El almidón da una coloración azul en presencia de I_2 y lo utilizamos para saber cuando debemos dejar de agregar $Na_2S_2O_3$, es decir, cuando se termina de consumir el I_2. Al agregar tiosulfato de sodio, tiene lugar otra reacción de óxido-reducción según:

$$2\ e^- + I_2 \rightarrow 2\ I^-$$
$$2\ S_2O_3^{2-} \rightarrow S_4O_6^{2-} + 2\ e^-$$
$$\text{----------}$$
$$2\ S_2O_3^{2-} + I_2 \rightarrow 2\ I^- + S_4O_6^{2}$$

Finalmente, por estequiometría:

$$[S_2O_3^{2-}] = 2\ [I_2]$$
$$[I_2] = [S_2O_3^{2-}] / 2 = 3\ [IO_3^-]$$
$$[IO_3^-] = [S_2O_3^{2-}] / 6$$

De este modo, conociendo la cantidad de la solución de tiosulfato de sodio agregado (y su concentración), podemos calcular la concentración de iones iodato que nos permitirán calcular la constante de producto de solubilidad del iodato de calcio (ver apéndice)

Resultados experimentales:

	Experiencia 1	**Experiencia 2**
Volumen de $Ca(IO_3)_2$ (ml)	10	10
Volumen de $Na_2S_2O_3$ consumido (ml)	4,1	4,3
$[IO_3^-]$ (M)	$6,86 \cdot 10^{-3}$	$7,16 \cdot 10^{-3}$
$[Ca^{2+}]$ (M)	$3,43 \cdot 10^{-3}$	$3,58 \cdot 10^{-3}$
K_{PS} experimental	$1,61 \cdot 10^{-7}$	$1,84 \cdot 10^{-7}$
K_{PS} bibliográfico*	$6,47 \cdot 10^{-6}$	

***** www.quimica.igloo.cl

D. Conclusiones:

De la primera parte podemos decir que con el aumento de la temperatura, la solubilidad del ioduro de plomo, como en la mayoría de las sales, se hace mayor. Esto nos indica que la reacción de disolución de esta sal es endotérmica, por lo que un aumento de la temperatura desplaza el equilibrio hacia los productos, aumentando la

solubilidad. Además, lo confirma el hecho de que con el descenso de temperatura la sal vuelve a precipitar.

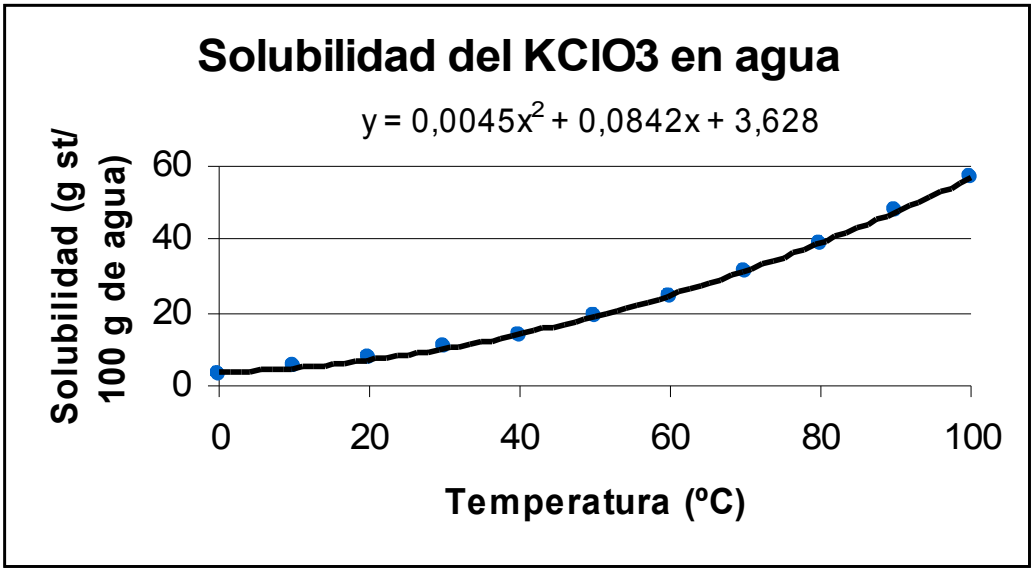
Con respecto al $KClO_3$, también podemos decir que la solubilidad aumenta con la temperatura, por lo que su disolución también es endotérmica. Hubiese sido útil pesar la muestra de $KClO_3$ antes de realizar la experiencia para compararlas, y así evaluar la efectividad del método utilizado.

Por último, comparando la constante del producto de solubilidad para el $Ca(IO_3)_2$ obtenida experimentalmente con la tabulada, vemos que difieren en un orden. Creemos que esto puede deberse a errores en la medición de volúmenes, o a la posibilidad de haber agregado el almidón cuando la solución ya estaba bastante descolorida y habernos pasado del punto final. La diferencia con respecto a la constante tabulada puede deberse a que las condiciones experimentales no fueran las estándar, por ejemplo, si la temperatura del laboratorio era distinta de 25ºC el día en que se hizo la titulación, la constante pudo haber cambiado.

Apéndice:

<u>Determinación de la masa de clorato de potasio en una muestra</u>

Gráfico de solubilidad del $KClO_3$ en agua en función de la temperatura



Cálculo de la concentración de $KClO_3$ a T_1, T_2 y T_3 con su incerteza

$Y = 0{,}0045\ X^2 + 0{,}0842\ X + 3{,}628$

$\varepsilon_Y = 0{,}0045\ .\ (2\ .\ (\varepsilon_X / X)\ .\ X^2) + 0{,}0842\ .\ \varepsilon_X$

Reordenando la ecuación y teniendo en cuenta que ε_X = 1ºC para todos los casos:

$\varepsilon_Y = 0{,}009\ X + 0{,}0842$

Para T_1:

$Y = 0{,}0045\ (84{,}5)^2 + 0{,}0842\ (84{,}5) + 3{,}628$
Y= 42,87 g st / 100 g agua

$\varepsilon_Y = 0{,}009\ X + 0{,}0842$
$\varepsilon_Y = 0{,}009\ .\ 84{,}5 + 0{,}0842$
$\varepsilon_Y = 0{,}84$ g st / 100 g agua

Para T_2:

$Y = 0{,}0045\ (54)^2 + 0{,}0842\ (54) + 3{,}628$
Y= 21,30 g st / 100 g agua

$\varepsilon_Y = 0{,}009\ X + 0{,}0842$
$\varepsilon_Y = 0{,}009\ .\ 54 + 0{,}0842$
$\varepsilon_Y = 0{,}57$ g st / 100 g agua

Para T_3:

La temperatura T_3 corresponde a un punto del gráfico; el valor de la solubilidad en ese punto es 14 g st / 100 g agua.

Cálculo de la masa de la muestra de $KClO_3$ en las soluciones 1, 2 y 3 con su incerteza

$\delta = m / V$
$m = \delta\ .\ V$

Para todos los casos:

$\varepsilon_m = 1\ g/cm^3\ .\ 0{,}1\ cm^3$
$\varepsilon_m = 0{,}1$ g

Solución 1:

$m = 1\ g/cm^3\ .\ 5\ cm^3$
m = 5 g

100 g de agua → 42,87 g st
5 g de agua → x = 2,14 g st

$\varepsilon_x = m.y / 100\ .\ (\varepsilon_m / m + \varepsilon_y / Y)$
$\varepsilon_x = 5\ g\ .\ 42.87\ g / 100\ g\ .\ (0{,}1\ g / 5\ g + 0{,}84\ g / 42{,}87\ g)$
$\varepsilon_x = 0{,}08$ g

Solución 2:

$m = 1\ g/cm^3\ .\ 10\ cm^3$
m = 10 g

100 g de agua → 21,3 g st
10 g de agua → x = 2,13 g st

$\varepsilon_x = m.y / 100\ .\ (\varepsilon_m / m + \varepsilon_y / Y)$
$\varepsilon_x = 10\ g\ .\ 21{,}3\ g / 100\ g\ .\ (0{,}1\ g / 10\ g + 0{,}57\ g / 21{,}3\ g)$
$\varepsilon_x = 0{,}08$ g

Solución 3:

$m = 1\ g/cm^3 \cdot 15\ cm^3$
$m = 15\ g$

100 g de agua → 14 g st
15 g de agua → x = 2,1 g st

$\varepsilon_x = m.y / 100 \cdot (\varepsilon_m / m + \varepsilon_y / Y)$
$\varepsilon_x = 15\ g \cdot 14\ g / 100\ g \cdot (0,1\ g / 15\ g)$
$\varepsilon_x = 0,01\ g$

Promedio de masas:

$m_p = (m_1 + m_2 + m_3) / 3$
$m_p = (2,14\ g + 2,13\ g + 2,1\ g) / 3$
$m_p = 2,12\ g$

$\varepsilon_{mp} = (\varepsilon_{m1} + \varepsilon_{m2} + \varepsilon_{m3}) / 3$
$\varepsilon_{mp} = (0,08\ g + 0,08\ g + 0,01\ g) / 3$
$\varepsilon_{mp} = 0,06\ g$

<u>Cálculo de la concentración de IO_3^-, Ca^{2+} y K_{PS}</u>

$3\ [IO_3^-] = [I_2]$
$[S_2O_3^{2-}] = 2\ [I_2]$
$[I_2] = [S_2O_3^{2-}] / 2 = 3\ [IO_3^-]$
$[IO_3^-] = [S_2O_3^{2-}] / 6$

Experiencia 1

1000 ml sc → 0,1 moles $S_2O_3^{2-}$
4,1 ml sc → $4,1 \cdot 10^{-4}$ moles $S_2O_3^{2-}$

38,1 ml sc → $4,1 \cdot 10^{-4}$ moles $S_2O_3^{2-}$
1000 ml sc → $1,08 \cdot 10^{-2}$ moles $S_2O_3^{2-}$

$[IO_3^-] = [S_2O_3^{2-}] / 6 = 1,08 \cdot 10^{-2}\ M / 6 = 1,8 \cdot 10^{-3}\ M$

En la solución inicial de $Ca(IO_3)_2$:

1000 ml sc→ $1,8 \cdot 10^{-3}$ moles IO_3^-
38,1 ml sc → $6,86 \cdot 10^{-5}$ moles IO_3^-

10 ml sc → $6,86 \cdot 10^{-5}$ moles IO_3
1000 ml sc → $6,86 \cdot 10^{-3}$ moles IO_3

$[IO_3^-] = 6,86 \cdot 10^{-3}\ M$

$[Ca^{2+}] = [IO_3^-] / 2 = 3,43 \cdot 10^{-3}\ M$

$K_{ps} = [IO_3^-]^2 \cdot [Ca^{2+}] = 1,61 \cdot 10^{-7}$

Experiencia 2

1000 ml sc → 0,1 moles $S_2O_3^{2-}$
4, ml sc → $4,3 \cdot 10^{-4}$ moles $S_2O_3^{2-}$

38,3 ml sc → 4,3 . 10^{-4} moles $S_2O_3^{2-}$
1000 ml sc → 1,12 . 10^{-2} moles $S_2O_3^{2-}$

$[IO_3^-] = [S_2O_3^{2-}] / 6 = 1,12 . 10^{-2}$ M / 6 = 1,87 . 10^{-3} M

En la solución inicial de $Ca(IO_3)_2$:

1000 ml sc→ 1,87 . 10^{-3} moles IO_3^-
38,3 ml sc → 7,16 . 10^{-5} moles IO_3^-

10 ml sc → 7,16 . 10^{-5} moles IO_3
1000 ml sc → 7,16 . 10^{-3} moles IO_3

$[IO_3^-] = 7,16 . 10^{-3}$ M

$[Ca^{2+}] = [IO_3^-] / 2 = 3,58 . 10^{-3}$ M

$K_{ps} = [IO_3^-]^2 . [Ca^{2+}] = 1,84 . 10^{-7}$

Cynthia Fernandez - cyntuche@hotmail.com