

## BLOQUE A

**PROBLEMA 1B.-** En diversos países la fluoración del agua de consumo humano es utilizada para prevenir la caries.

- Si el producto de solubilidad,  $K_{ps}$  del  $\text{CaF}_2$  es  $10^{-10}$ , ¿cuál es la solubilidad de una disolución saturada de  $\text{CaF}_2$ ?
- ¿Cuánto  $\text{NaF}$  hay que añadir a una disolución de agua que contiene 20 mg/L de  $\text{Ca}^{2+}$  para que empiece a precipitar  $\text{CaF}_2$ ?

**DATOS:**  $A_r(\text{F}) = 19 \text{ u}$ ;  $A_r(\text{Na}) = 23 \text{ u}$ ;  $A_r(\text{Ca}) = 40 \text{ u}$ .

Solución:

a) El equilibrio de solubilidad de la sal poco soluble es:  $\text{CaF}_2(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{F}^{-}(\text{aq})$ , siendo la solubilidad del ión  $\text{F}^{-}$  doble de la del ión  $\text{Ca}^{2+}$ , es decir,  $[\text{Ca}^{2+}] = S$  y  $[\text{F}^{-}] = 2 \cdot S$ ; y sustituyendo en la expresión del producto de solubilidad y despejando la solubilidad:

$$K_{ps} = S \cdot (2 \cdot S)^2 = 4 \cdot S^3 \Rightarrow S = \sqrt[3]{\frac{K_{ps}}{4}} = \sqrt[3]{\frac{10^{-10} \text{ mol}^3 \cdot \text{L}^{-3}}{4}} = 2,92 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

b) La concentración molar de iones  $\text{Ca}^{2+}$  en la disolución es:

$$20 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \cdot \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{40 \text{ g}} = 0,0005 = 5 \cdot 10^{-4} \text{ moles} \cdot \text{L}^{-1}$$

Llevando este valor al producto de solubilidad, despejando  $[\text{F}^{-}]$  y operando, se obtiene el valor de la concentración de fluoruro que se necesita para empezar la precipitación:

$$K_{ps} = [\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{F}^{-}]^2 \Rightarrow 10^{-10} = 5 \cdot 10^{-4} \cdot [\text{F}^{-}]^2 \Rightarrow [\text{F}^{-}] = \sqrt{\frac{1 \cdot 10^{-10}}{5 \cdot 10^{-4}}} = 4,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Esta concentración indica los moles de  $\text{NaF}$  que han de añadirse a 1 L de disolución que contiene 20 mg de iones  $\text{Ca}^{2+}$  para que empiece la precipitación, siendo los gramos de  $\text{NaF}$  correspondiente a estos moles:  $4,5 \cdot 10^{-4} \text{ moles} \cdot \frac{42 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = 0,0189 \text{ g}$ .

**Resultado:** a)  $S = 2,92 \cdot 10^{-4} \text{ M}$ ; b)  $0,0189 \text{ g NaF}$ .

## BLOQUE A

**PROBLEMA 3.-** El agua oxigenada es una disolución acuosa de peróxido de hidrógeno,  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Se dispone en el laboratorio de una disolución de  $\text{H}_2\text{O}_2$  al 33 % en peso cuya densidad es 1,017 g/mL. Calcula:

- La molaridad de la disolución.
- Las fracciones molares de  $\text{H}_2\text{O}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ .
- El volumen de esta disolución que debe tomarse para preparar 100 mL de una disolución cuya concentración final sea 0,2 M.

**DATOS:**  $A_r(\text{H}) = 1 \text{ u}$ ;  $A_r(\text{O}) = 16 \text{ u}$ .

Solución:

a) La molaridad de la disolución se obtiene de la expresión:

$$1,017 \frac{\text{g disolución}}{\text{mL disolución}} \cdot \frac{1000 \text{ mL disolución}}{1 \text{ L disolución}} \cdot \frac{33 \text{ g H}_2\text{O}_2}{100 \text{ g disolución}} \cdot \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}_2}{34 \text{ g H}_2\text{O}_2} = 9,87 \text{ M}$$

b) En 1 L de disolución hay 9,87 moles de  $\text{H}_2\text{O}_2$ , por lo que determinando los moles de agua en el litro de disolución, se calculan las fracciones molares de soluto y disolvente. Para ello, si la disolución es del 33 % en peso de  $\text{H}_2\text{O}_2$ , también puede decirse que es del 67 % en peso de  $\text{H}_2\text{O}$ , siendo los moles de  $\text{H}_2\text{O}$  en el litro de disolución:

$$1,017 \frac{\text{g disolución}}{\text{mL disolución}} \cdot \frac{1000 \text{ mL disolución}}{1 \text{ L disolución}} \cdot \frac{67 \text{ g H}_2\text{O}}{100 \text{ g disolución}} \cdot \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{18 \text{ g H}_2\text{O}} = 37,86 \text{ M, siendo } 37,86$$

los moles de agua.

También se puede realizar determinando la masa del litro de disolución, restarle los gramos de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y calculando los moles de agua:

$$\text{densidad} = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}} \Rightarrow \text{masa} = \text{densidad} \cdot \text{volumen} = 1,017 \text{ g mL}^{-1} \cdot 1000 \text{ mL} = 1.017 \text{ g.}$$

$$\text{La masa de H}_2\text{O}_2 \text{ es } 9,87 \text{ moles} \cdot \frac{34 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = 335,58 \text{ g, y la de agua: } 1.017 \text{ g} - 335,58 \text{ g} = 681,42$$

g a los que corresponde el número de moles:  $681,42 \text{ g} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{18 \text{ g}} = 37,86 \text{ moles de H}_2\text{O}$ .

$$\text{Las fracciones molares son: } \chi_{\text{H}_2\text{O}_2} = \frac{\text{moles H}_2\text{O}_2}{\text{moles totales}} = \frac{9,87}{9,87 + 37,86} = 0,207;$$

$$\chi_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{\text{moles H}_2\text{O}}{\text{moles totales}} = \frac{37,86}{9,87 + 37,86} = 0,793.$$

c) Los moles de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> presentes en los 100 mL de disolución 0,2 M, son los que han de estar contenidos en el volumen de la disolución inicial que se tome. Los moles en los 100 mL de disolución son:  $n(\text{H}_2\text{O}_2) = M \cdot V = 0,2 \text{ moles L}^{-1} \cdot 0,1 \text{ L} = 0,02 \text{ moles}$ , que son los que han de estar contenidos

en el volumen de disolución inicial:  $M = \frac{\text{moles}}{V} \Rightarrow V = \frac{\text{moles}}{M} = \frac{0,02 \text{ moles}}{9,87 \text{ moles L}^{-1}} = 0,002 \text{ L} = 2 \text{ mL}$ .

**Resultado: a) [H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>] = 9,87 M; b)  $\chi(\text{H}_2\text{O}_2) = 0,207$ ;  $\chi(\text{H}_2\text{O}) = 0,793$ ; c) V (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) = 2 mL.**

## BLOQUE B

**CUESTIÓN 1B.- En la siguiente tabla se indican los signos de  $\Delta H$  y de  $\Delta S$  para cuatro procesos diferentes:**

| Proceso          | (I) | (II) | (III) | (IV) |
|------------------|-----|------|-------|------|
| Signo $\Delta H$ | -   | +    | -     | +    |
| Signo $\Delta S$ | +   | -    | -     | +    |

**Razona, en cada caso, si el proceso será o no espontáneo.**

Solución:

Un proceso es espontáneo cuando se cumple que  $\Delta G < 0$ , y como  $\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$ , cuando  $\Delta H - T \cdot \Delta S < 0$ .

Para el primer proceso en el que  $\Delta H < 0$  y  $\Delta S > 0$ , éste siempre será espontáneo porque si se le resta cualquier cantidad a otra negativa, el resultado siempre es otra cantidad negativa. Ello es debido a que el producto  $T \cdot \Delta S$  es negativo, y al restarlo a otra cantidad negativa,  $\Delta H$ , el resultado es otra cantidad negativa,  $\Delta H - T \cdot \Delta S < 0$ , condición de espontaneidad.

Para el segundo proceso en el que  $\Delta H > 0$  y  $\Delta S < 0$ , el producto  $T \cdot \Delta S$  es positivo por llevar el producto el signo menos delante y ser  $\Delta S$  negativo, y al sumar a  $\Delta H$  otra cantidad positiva la expresión  $\Delta H - T \cdot \Delta S > 0$ , por lo que todo proceso con estos valores de  $\Delta H$  y  $\Delta S$  nunca puede ser espontáneo.

Para el tercer proceso en el que  $\Delta H < 0$  y  $\Delta S < 0$ , éste será espontáneo sólo para temperaturas bajas, pues en estas condiciones el valor absoluto de  $\Delta H$  es superior al valor absoluto del producto  $T \cdot \Delta S$ , es decir,  $|\Delta H| > |T \cdot \Delta S|$ , y se cumple que  $\Delta H - T \cdot \Delta S < 0$ .

Para el cuarto proceso en el que  $\Delta H > 0$  y  $\Delta S > 0$ , éste será espontáneo solamente para altas temperaturas, pues en estas condiciones el valor absoluto del producto  $T \cdot \Delta S$  puede ser superior a  $\Delta H$ , es decir,  $|\Delta H| < |T \cdot \Delta S|$ , y se cumple que  $\Delta H - T \cdot \Delta S < 0$  que es la condición de espontaneidad.

**CUESTIÓN 4.- Las ecuaciones siguientes representan reacciones reversibles en las que se desea aumentar la concentración de la sustancia subrayada en el equilibrio.**





Etanol

calor

Eteno

Agua.

[www.yoquieroaprobar.es](http://www.yoquieroaprobar.es)