

OPCIÓN A

CUESTIÓN 3.- Justifica la veracidad o falsedad de las siguientes cuestiones:

- a) Como el producto de solubilidad del cloruro de plata es $2,8 \cdot 10^{-10}$, la solubilidad en agua es $3 \cdot 10^{-3}$ M.
- b) En toda disolución saturada de hidróxido de magnesio se cumple: $[\text{OH}^-] \cdot [\text{Mg}^{2+}]^2 = K_{ps}$.
- c) Todos los hidróxidos poco solubles se hacen aún más insolubles en medio básico.

Solución:

a) Falsa. El equilibrio de ionización del cloruro de plata es: $\text{AgCl} \rightleftharpoons \text{Cl}^- + \text{Ag}^+$.

La solubilidad del cloruro de plata es a su vez la concentración de los iones Cl^- y Ag^+ , y al ser el producto de solubilidad $2,8 \cdot 10^{-10}$, la solubilidad es:

$$P_s = [\text{Cl}^-] \cdot [\text{Ag}^+] = S \cdot S = S^2 \Rightarrow S = \sqrt{P_s} = \sqrt{2,8 \cdot 10^{-10}} = 1,67 \cdot 10^{-5} \text{ moles} \cdot \text{L}.$$

b) Falsa. El equilibrio de ionización del hidróxido de magnesio es: $\text{Mg}(\text{OH})_2 \rightleftharpoons 2 \text{OH}^- + \text{Mg}^{2+}$.

Luego, en la estequiometría del equilibrio se observa, que al ser la solubilidad del magnesio S, la del ión hidróxido es $2 \cdot S$, siendo el producto de solubilidad del hidróxido de magnesio:

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

c) Verdadera. El equilibrio de ionización de los hidróxidos, en medio básico, se desplaza hacia la izquierda, formación del compuesto poco soluble, debido al efecto del ión común, pues al incrementarse la concentración de los iones hidróxidos ha de disminuir, en la misma extensión, la de los cationes para mantener constante el producto de solubilidad.

PROBLEMA 1.- Una muestra de un mineral que contiene cobre, además de impurezas inertes, se disuelve con ácido nítrico concentrado según la siguiente reacción sin ajustar:



- a) Ajusta por el método del ión-electrón la ecuación molecular.
- b) Calcula el contenido en cobre de la muestra si 1 g de la misma reacciona totalmente con 25 mL de ácido nítrico 1 M.

DATO: $A_r(\text{Cu}) = 63,5 \text{ u}$.

Solución:

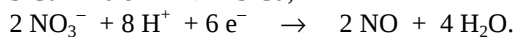
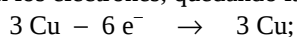
Las semirreacciones iónicas que tienen lugar son:

Semirreacción de oxidación en la que el cobre metal de número de oxidación 0, pasa a ión cobre

(II) con número de oxidación + 2: $\text{Cu} - 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}^{2+}$;

Semirreacción de reducción en la que el número de oxidación del nitrógeno del ácido nítrico pasa de + 6 a + 2 en el óxido de nitrógeno (II): $\text{NO}_3^- + 4 \text{H}^+ + 3 \text{e}^- \rightarrow \text{NO} + 2 \text{H}_2\text{O}$.

Multiplicando la semirreacción de oxidación por 3, la de reducción por 2 y sumándolas se eliminan los electrones, quedando la ecuación iónica ajustada:



$3 \text{Cu} + 2 \text{NO}_3^- + 8 \text{H}^+ \rightarrow 3 \text{Cu} + 2 \text{NO} + 4 \text{H}_2\text{O}$. Teniendo en cuenta que los 8 protones corresponden al ácido nítrico, llevando los coeficientes obtenidos a la ecuación molecular, queda ésta ajustada: $3 \text{Cu} + 8 \text{HNO}_3 \rightarrow 3 \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2 \text{NO} + 4 \text{H}_2\text{O}$.

b) De la estequiometría de la ecuación se deduce que 3 moles de átomos de cobre reaccionan con 8 moles de ácido nítrico, por lo que, determinando los moles de ácido se calculan los moles de cobre que reaccionan y de ellos su masa.

Moles de ácido: $n(\text{HNO}_3) = M \cdot V = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot 0,025 \text{ L} = 0,025 \text{ moles}$. Luego, aplicando a estos moles la estequiometría de la reacción y el correspondiente factor de conversión, se tienen los gramos de cobre que han reaccionado y que, por ello, se encontraban en la muestra.

$$0,025 \text{ moles HNO}_3 \cdot \frac{3 \text{ moles Cu}}{8 \text{ moles HNO}_3} \cdot \frac{63,5 \text{ g Cu}}{1 \text{ mol Cu}} = 0,6 \text{ g Cu}.$$

Resultado: b) 0,6 g Cu.

PROBLEMA 2.- En la reacción del oxígeno molecular con el cobre para formar óxido de cobre (II) se desprenden 2,30 kJ por cada gramo de cobre que reacciona, a 298 K y 760 mm Hg. Calcula:

- a) La entalpía de formación del óxido de cobre (II).
- b) El calor desprendido a presión constante cuando reaccionan 100 L de oxígeno medidos, a 1,5 atm y 27 °C.

DATOS: $R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$; $A_r(\text{Cu}) = 63,5 \text{ u}$.

Solución:

a) La reacción que se produce es: $\text{Cu} + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{CuO}$.

Si por cada gramo de cobre que reacciona se desprenden 2,30 kJ, por los 63,5 g de cobre se desprenderán: $2,30 \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \frac{63,5 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = 146,05 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, que con signo menos es la entalpía de formación del CuO, es decir, $\Delta H^\circ = -146,05 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.

b) De la ecuación de estado de los gases ideales, despejando los moles, sustituyendo valores y operando, se obtienen los moles de oxígeno que reaccionan:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \Rightarrow n = \frac{P \cdot V}{R \cdot T} = \frac{1,5 \text{ atm} \cdot 100 \text{ L}}{0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 300 \text{ K}} = 6,1 \text{ moles, y como por cada medio}$$

mol de oxígeno se desprenden 146,05 kJ, la energía que se desprende de estos moles es:

$$6,1 \text{ moles} \cdot \frac{-146,05 \text{ kJ}}{1 \text{ mol}} = -890,91 \text{ kJ}.$$

Resultado: a) $\Delta H_f^\circ = -146,05 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$; b) $Q = -890,91 \text{ kJ}$.

OPCIÓN B

Cuestión 2.- Dadas las siguientes sustancias: Cu, CaO y I₂. Indica razonadamente:

- a) Cuál conduce la electricidad en estado líquido pero es aislante en estado sólido.
- b) Cuál es un sólido que sublima fácilmente.
- c) Cuál es un sólido que no es frágil y se puede estirar en hilos o láminas.

Solución:

a) El compuesto CaO es cristalino y en disolución se disocia formando los iones Ca^{2+} y O^{2-} , que se dirigen a los correspondientes electrodos de una batería bajo la acción de un campo eléctrico. Por el contrario, en el estado sólido no son conductores de la electricidad, por mantenerse los iones fijos en la red cristalina, y carecer de posibilidad de desplazamiento al establecer un campo eléctrico. En estado sólido es aislante.

b) La sublimación es el proceso por el que una sustancia, en estado sólido, pasa al estado gaseoso si pasar por el estado líquido. Esto le ocurre al yodo, sustancia sólida, por tener sus moléculas unidas entre sí por débiles fuerzas de dispersión.

c) El Cu es un metal que posee buenas propiedades mecánicas, razón por las que, sin ser frágil, puede estirarse en hilos (ductilidad) o en delgadas láminas (maleabilidad).

PROBLEMA 1.- Se disuelven 10 g de hidróxido de sodio en agua hasta obtener 0,5 L de disolución. Calcula:

- a) La molaridad de la disolución y su pH.
- b) El volumen de la disolución acuosa de ácido sulfúrico 0,2 M que se necesita para neutralizar 20 mL de la disolución anterior.

DATOS: $A_r(\text{Na}) = 23 \text{ u}$; $A_r(\text{H}) = 1 \text{ u}$; $A_r(\text{O}) = 16 \text{ u}$.

Solución:

a) Los moles de hidróxido sódico que se disuelven son:

$$n(\text{NaOH}) = \frac{\text{gramos}}{\text{masa molar}} = \frac{10\text{g}}{40\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,25 \text{ moles, que al encontrarse disueltos en } 0,5 \text{ L de}$$

$$\text{disolución, proporciona la concentración: } M = \frac{\text{moles}}{\text{Volumen}} = \frac{0,25 \text{ moles}}{0,5 \text{ L}} = 0,5 \text{ M.}$$

Por ser el hidróxido de sodio una base muy fuerte, en disolución, está totalmente ionizada, por lo que la concentración de iones hidróxidos, OH^- , es la misma que la de la disolución, por lo que el pOH de la misma es: $\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] = -\log 0,5 = 0,30$, y el valor del pH es $14 - \text{pOH} = 14 - 0,30 = 13,70$.

b) La ecuación de neutralización ajustada es: $2 \text{NaOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$, en la que se observa que 2 moles de base se neutralizan con un mol de ácido. Luego, determinando los moles de base en los 20 mL de su disolución, se determinan los moles necesarios de ácido y el volumen en el que se encuentran disueltos.

Moles de base: $n(\text{NaOH}) = M \cdot V = 0,5 \text{ moles} \cdot \text{L}^{-1} \cdot 0,020 \text{ L} = 0,01 \text{ moles}$, que necesitan para ser neutralizados 0,005 moles de ácido, los cuáles se encuentran disueltos en el volumen:

$$V = \frac{\text{moles}}{\text{Molaridad}} = \frac{0,005 \text{ moles}}{0,2 \text{ moles} \cdot \text{L}^{-1}} = 0,025 \text{ L} = 25 \text{ mL de disolución de } \text{H}_2\text{SO}_4.$$

Resultado: a) $M = 0,5 \text{ M}$; b) $V = 25 \text{ mL}$.

PROBLEMA 2.- A 350 K la constante de equilibrio K_c de la reacción de descomposición del bromuro de carbonilo vale 0,205: $\text{COBr}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{Br}_2(\text{g})$. Si en un recipiente de 3 L se introducen 3,75 moles de bromuro de carbonilo y se calienta hasta alcanzar esta temperatura:

a) ¿Cuáles son las concentraciones de todas las especies en el equilibrio?

b) ¿Cuál es el grado de disociación del bromuro de carbonilo en esas condiciones?

Solución:

a) La concentración de bromuro de carbonilo es $[\text{COBr}_2] = \frac{3,75 \text{ moles}}{3 \text{ L}} = 1,25 \text{ M}$, y llamando “x”

a la concentración de bromuro de carbonilo que se descompone, la concentración inicial y en el equilibrio de cada uno de los componentes es:

	$\text{COBr}_2(\text{g})$	$\rightleftharpoons$	$\text{CO}(\text{g})$	$+$	$\text{Br}_2(\text{g})$
Moles iniciales:	1,25		0		0
Moles en el equilibrio:	$1,25 - x$		x		x

Llevando estos valores a la constante de equilibrio K_c y operando se obtiene el valor de “x”:

$$K_c = \frac{[\text{CO}] \cdot [\text{Br}_2]}{[\text{COBr}_2]} \Rightarrow 0,205 = \frac{x^2}{1,25 - x} \Rightarrow x^2 + 0,205 \cdot x - 0,205 \cdot 1,25 = 0, \text{ que produce 2 soluciones,}$$

una negativa que se desprecia por carecer de sentido, y otra positiva que es la solución real: $x = 0,414 \text{ moles} \cdot \text{L}^{-1}$. Luego, la concentración de cada una de las especies es: $[\text{COBr}_2] = 1,25 - 0,414 = 0,836 \text{ M}$; $[\text{CO}] = [\text{Br}_2] = 0,414 \text{ M}$.

b) El grado de disociación se obtiene dividiendo los moles disociados entre los moles iniciales. Los moles disociados se determinan de la concentración del monóxido de carbono, por ejemplo, y son: $n(\text{CO}) = M \cdot V = 0,414 \text{ moles} \cdot \text{L}^{-1} \cdot 3 \text{ L} = 1,242 \text{ moles}$, luego, el coeficiente de ionización es:

$$\alpha = \frac{1,242}{3,75} = 0,3312, \text{ que expresado en tanto por ciento es } 33,12 \%$$

Resultado: a) $[\text{COBr}_2] = 0,836 \text{ M}$; $[\text{CO}] = [\text{Br}_2] = 0,414 \text{ M}$; b) $\alpha = 33,12 \%$.