

## OPCIÓN A

**PROBLEMA 1.-** El efluente residual de una empresa de tratamiento de superficies metálicas contiene un 0,2 % en peso de ácido sulfúrico,  $H_2SO_4$ , debiendo ser neutralizado mediante la adición de hidróxido de sodio, NaOH. Concretamente, se pretende tratar 125 L de la corriente residual ácida con una disolución de hidróxido de sodio 2,5 M. Calcula:

- El volumen de disolución de hidróxido de sodio 2,5 M que es preciso utilizar para la neutralización completa del efluente residual.
- El pH de la disolución resultante si se añade 50 mL más de los necesarios de la disolución de hidróxido de sodio.

**DATOS:** Densidad de la corriente residual = 1 g · mL;  $A_r(H) = 1$  u;  $A_r(O) = 16$  u;  $A_r(S) = 32$  u.

Solución:

a) Los moles de ácido contenidos en los 125 L de corriente residual son:

$$125 \text{ L corriente} \cdot \frac{1000 \text{ mL corriente}}{1 \text{ L corriente}} \cdot \frac{1 \text{ g corriente}}{1 \text{ mL corriente}} \cdot \frac{0,2 \text{ g } H_2SO_4}{100 \text{ g corriente}} \cdot \frac{1 \text{ mol } H_2SO_4}{98 \text{ g } H_2SO_4} = 2,55 \text{ moles } H_2SO_4.$$

La reacción de neutralización del ácido sulfúrico e hidróxido de sodio:

$H_2SO_4 + 2 NaOH (aq) \rightarrow Na_2SO_4 + 2 H_2O$  indica que por cada mol de ácido se necesitan 2 moles de base, por lo que en la reacción se consumen:  $2,55 \cdot 2 = 5,1$  moles de NaOH.

El volumen de disolución de NaOH que se gasta es:  $V = \frac{\text{moles}}{\text{Molaridad}} = \frac{5,1 \text{ moles}}{2,5 \text{ moles} \cdot L^{-1}} = 2,04 \text{ L}.$

b) Si a la disolución resultante se añade 50 mL más de los necesarios, los moles de NaOH en exceso son:

$n = M \cdot V = 2,5 \text{ moles} \cdot L^{-1} \cdot 0,050 \text{ L} = 0,125 \text{ moles}$ , que al encontrarse disueltos en un volumen de 125 L + 2,04 L + 0,050 L = 127,09 L, proporciona a la disolución resultante la concentración:

$$[NaOH] = \frac{\text{moles}}{\text{L disolución}} = \frac{0,125 \text{ moles}}{127,09 \text{ L}} = 9,84 \cdot 10^{-4} \text{ M}, \text{ que es la concentración de } OH^- \text{ por tratarse de}$$

una base muy fuerte y, por tanto, totalmente disociada.

El pH de la disolución es:  $pH = 14 - pOH = 14 - \log 9,84 \cdot 10^{-4} = 14 - (4 - 0,99) = 10,99.$

**Resultado: a) V = 2,04 L; b) pH = 10,99.**

**CUESTIÓN 1.-** Justifica la verdad o falsedad de los siguientes enunciados:

- Una combinación posible de números cuánticos para un electrón situado en un orbital 2p es (2, 0, 0, 1/2).
- El primer potencial de ionización del Ne es superior al del Na.

Solución:

a) Falsa. Los números cuánticos que corresponden a un orbital 2p son:

$n = 2$ ;  $l = 1$ ;  $m_l = -1, 0, +1$ ;  $m_s = \pm \frac{1}{2}$ . Por tanto, los números cuánticos que corresponden o representan a un electrón situado en un orbital 2p son los que corresponden a los números cuánticos  $n$  y  $l$ , uno de los valores de  $m_l$  y otro de  $m_s$ , por ejemplo:  $(2, 1, 0, \frac{1}{2})$ .

b) Verdadera. Potencial de ionización es la energía que hay que suministrar a un átomo gaseoso, neutro y en su estado electrónico fundamental, para arrancarle un electrón y convertirlo en un ión positivo gaseoso y en su estado electrónico fundamental.

El Ne es un gas noble con configuración electrónica muy estable, mientras que el Na posee un electrón más. Como todo elemento tiende a conseguir la configuración electrónica estable del gas noble más próximo, es fácil comprender que el primer potencial de ionización del Na sea mucho menor que el del Ne.

**CUESTIÓN 2.-** Para un determinado equilibrio químico, en fase gaseosa, se sabe que un aumento en la temperatura provoca el desplazamiento de la reacción hacia la izquierda, mientras que un

**aumento de la presión provoca el desplazamiento de la reacción hacia la derecha. Indica, justificadamente, de cual de estos tres equilibrios se trata:**

**a)  $A + B \rightleftharpoons C + D$ , exotérmica; b)  $A + B \rightleftharpoons C$ , endotérmica; c)  $2A \rightleftharpoons B$ , exotérmica.**

Solución:

Si a un sistema químico en equilibrio se le aumenta la temperatura, es decir, se le suministra calor, el sistema evoluciona consumiendo el calor suministrado para restablecer el equilibrio, por lo que éste se desplaza hacia el sentido endotérmico de la reacción.

Un aumento de la presión provoca una disminución del volumen del sistema (ley de Boyle-Mariotte), que reacciona ante la disminución de capacidad del reactor, desplazando el equilibrio en el sentido en el que aparece un menor número de moles, menos cantidad de materia, hacia la derecha.

Estas dos condiciones se cumplen en el equilibrio c)  $2A \rightleftharpoons B$ .

### OPCIÓN B

**PROBLEMA 1.- La reacción del dióxido de manganeso con bromato de sodio en presencia de hidróxido de potasio, rinde como productos permanganato de potasio, bromuro de sodio y agua.**

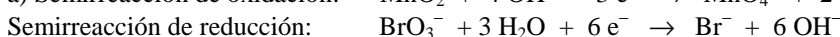
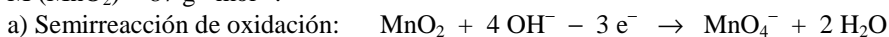
**a) Ajusta la ecuación iónica y molecular por el método del ión electrón.**

**b) Si el rendimiento de la reacción es del 75 %, calcula los gramos de dióxido de manganeso necesarios para obtener 500 mL de una disolución 0,1 M de permanganato de potasio.**

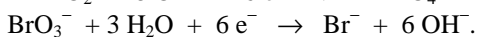
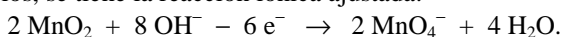
**DATOS:  $A_r(O) = 16$  u;  $A_r(Mn) = 55$  u.**

Solución:

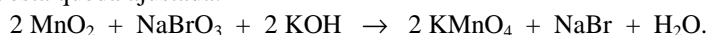
$$M(\text{MnO}_2) = 87 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$



Multiplicando la semirreacción de oxidación por 2 para igualar los electrones, y sumándolas para eliminarlos, se tiene la reacción iónica ajustada:



$2 \text{MnO}_2 + \text{BrO}_3^- + 2 \text{OH}^- \rightarrow 2 \text{MnO}_4^- + \text{Br}^- + \text{H}_2\text{O}$ , y llevando estos coeficientes a la reacción molecular, ésta queda ajustada:



b) Los moles de permanganato contenidos en los 500 mL de disolución son:

$$n = M \cdot V = 0,1 \text{ moles} \cdot 0,5 \text{ L} = 0,05 \text{ moles de KMnO}_4$$

Según la reacción, por cada 2 moles de  $\text{MnO}_2$  se obtienen 2 moles de  $\text{KMnO}_4$  si el rendimiento fuera del 100 %, pero al ser del 75 % se necesitarán más moles.

La masa de  $\text{MnO}_2$  que se necesita se obtiene multiplicando los moles anteriores de  $\text{KMnO}_4$  por el inverso del rendimiento de la reacción y el correspondiente factor de conversión:

$$0,05 \text{ moles KMnO}_4 \cdot \frac{100 \text{ moles MnO}_2}{75 \text{ moles KMnO}_4} \cdot \frac{87 \text{ g MnO}_2}{1 \text{ mol MnO}_2} = 5,8 \text{ g de MnO}_2$$

**Resultado: b) 5,8 g  $\text{MnO}_2$ .**

**CUESTIÓN 1.- a) Explica cual es la hibridación de los orbitales de los átomos de carbono en la molécula de eteno.**

**b) Indica si las moléculas de  $\text{H}_2\text{O}$  y  $\text{CO}_2$  presentan momento dipolar.**

Solución:

a) En la molécula de eteno cada carbono utiliza tres orbitales híbridos  $\text{sp}^2$  con un electrón cada uno, quedando sin hibridar, y con un electrón desapareado, un orbital 2p. Uno de los orbitales  $\text{sp}^2$  lo emplea cada átomo para unirse entre sí mediante un enlace tipo  $\sigma$ , y por solapamiento lateral de los

orbitales 2p de cada átomo se forma el enlace tipo  $\pi$ . Los otros dos orbitales híbridos que queda a cada carbono los emplean para unirse a los átomos de hidrógeno.

b) La molécula  $\text{CO}_2$  de geometría lineal es apolar por compensarse los momentos dipolares de sus enlaces, mientras que la de  $\text{H}_2\text{O}$  de geometría angular es polar, por ser mayor que cero la resultante de los momentos dipolares de los enlaces.

**CUESTIÓN 2.- Indica en los siguientes pares de iones cual es el de mayor radio:  $\text{K}^+$  y  $\text{Ca}^{2+}$ ;  $\text{S}^{2-}$  y  $\text{Cl}^-$ . Justifica la respuesta.**

**DATOS:  $Z(\text{K}) = 19$ ;  $Z(\text{Ca}) = 20$ ;  $Z(\text{S}) = 16$ ;  $Z(\text{Cl}) = 17$ .**

Solución:

Los iones  $\text{K}^+$  y  $\text{Ca}^{2+}$  son isoelectrónicos, es decir, tienen el mismo número de electrones en la corteza. En estos casos, la especie con mayor carga nuclear el catión  $\text{Ca}^{2+}$ , atrae más fuertemente los electrones de la corteza provocando una mayor contracción de su volumen, lo que se traduce en una mayor disminución de su radio iónico. Por ello, el  $\text{K}^+$  es el de mayor radio iónico, es decir, radio ( $\text{K}^+$ ) > radio ( $\text{Ca}^{2+}$ ).

En la otra pareja ocurre algo parecido. Las dos especies son isoelectrónicas, siendo el ión  $\text{S}^{2-}$  el que posee una menor carga nuclear, por lo que la atracción sobre los electrones de la corteza es menos intensa que en el ión  $\text{Cl}^-$ , lo que se traduce en una menor contracción de su volumen, y en consecuencia en un mayor tamaño de su radio iónico, es decir, radio ( $\text{Cl}^-$ ) < radio ( $\text{S}^{2-}$ ).