

## OPCIÓN A

**CUESTIÓN 1.- Considera los elementos A, B, C y D de números atómicos A (Z = 2), B (Z = 11), C (Z = 17) y D (Z = 34), responde razonadamente a las siguientes cuestiones:**

- Escribe la configuración electrónica de cada uno de estos elementos e indica el grupo y período al que pertenecen.**
- Clasifica cada uno de los elementos en las siguientes categorías: metal, no metal o gas noble.**
- Ordena los elementos según valor creciente de su primera energía de ionización.**

Solución:

a) La configuración electrónica de cada elemento, es la que resulta de situar un número de electrones igual al número atómico de cada elemento, en sus correspondientes orbitales atómicos en orden creciente de energía.

El período al que pertenece cada elemento, viene determinado por el valor del número cuántico principal  $n$  del último orbital que se está completando o se ha completado, mientras que el grupo queda definido por el número de electrones en su último orbital, teniendo presente:

Si el orbital que se está llenando es el  $ns$ , (1 o 2 electrones), el elemento se encuentra en uno de los grupos 1 o 2; si el orbital que se va completando es el  $(n - 1)d$ , el grupo al que pertenece el elemento va desde el 3 al 12 ( $2 + n^\circ$  de electrones  $d$ ); y si el orbital que se va ocupando es el  $np$ , el grupo al que corresponde el elemento se encuentra comprendido entre el 13 y 18 ( $12 + n^\circ$  electrones  $p$ ).

Es excepción el helio, que a pesar de poseer dos electrones en el orbital  $1s$ , pertenece al grupo 18 y no al 2.

Las configuraciones electrónicas, período y grupo al que pertenecen son:

A (Z = 2):  $1s^2$ , helio, He, situado en el período primero grupo 18.

B (Z = 11):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ , sodio, Na, ubicado en el tercer período grupo 1 por tener 1 electrón en el orbital  $3s$ .

C (Z = 17):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ , cloro, Cl, perteneciente al tercer período grupo 17 por ser 5 su número de electrones  $p$ .

D (Z = 34):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^4$ , selenio, Se, se encuentra situado en el período cuarto grupo 16 al contener 4 electrones  $p$ .

b) Por su ubicación en la tabla periódica, el elemento helio es un gas noble, mientras que el elemento sodio es un metal y los elementos cloro y selenio son no metales.

c) La energía de ionización es una propiedad periódica que aumenta a medida que se avanza en un período (crece la carga nuclear y el electrón que se va incorporando lo hace en el mismo nivel energético, por lo que, al aumentar la carga nuclear efectiva, la fuerza atractiva núcleo-último electrón se incrementa y, por ello, se va necesitando cada vez más cantidad de energía para arrancarlo). Por el contrario, al bajar en un grupo, aunque aumenta la carga nuclear, el último electrón se va situando cada vez más alejado del núcleo, por lo que, la fuerza atractiva núcleo-electrón se hace cada vez menor y la energía de ionización decrece. Luego, el orden creciente de la primera energía de ionización es  $Na < Se < Cl < He$ .

**PROBLEMA 4.- Se ha preparado en el laboratorio una disolución 0,025 M de un ácido débil HA. Dicha disolución tiene un pH = 2,26. Calcula:**

- La constante de acidez,  $K_a$ , del ácido débil HA.**
- El porcentaje de ácido HA que se ha disociado en estas condiciones.**

Solución:

a) El ácido débil HA se encuentra en disolución parcialmente disociado, y si el pH de la disolución es 2,26, ello indica que la concentración de iones oxonios y anión son iguales, es decir,  $[A^-] = [H_3O^+] = 10^{-2,26} = 10^{0,74} \cdot 10^{-3} = 5,5 \cdot 10^{-3}$  M, y la del ácido sin ionizar  $[HA] = 0,025 \text{ M} - 0,0055 = 0,0195$  M, y llevando estos valores de concentración a la constante de acidez,  $K_a$ , del ácido y operando, se obtiene su valor:

$$K_a = \frac{[A^-] \cdot [H_3O^+]}{[AH]} = \frac{5,5^2 \cdot (10^{-3})^2}{0,0195} = 1,55 \cdot 10^{-3}.$$

b) El porcentaje de ácido HA disociado, o lo que es lo mismo, el grado de disociación, expresado en tanto por ciento, se obtiene multiplicando por 100 el cociente entre las concentraciones de ácido disociado e inicial:  $\alpha = \frac{5,5 \cdot 10^{-3}}{0,025} \cdot 100 = 22 \%$ .

**Resultado:** a)  $K_a = 1,55 \cdot 10^{-3}$ ; b)  $\alpha = 22 \%$ .

**CUESTIÓN 3.- El proceso Deacon suele utilizarse cuando se dispone de HCl como subproducto de otros procesos químicos. Dicho proceso permite obtener gas cloro a partir de cloruro de hidrógeno de acuerdo con el siguiente equilibrio:**

**$4 \text{HCl (g)} + \text{O}_2 \text{(g)} \rightleftharpoons 2 \text{Cl}_2 \text{(g)} + 2 \text{H}_2\text{O (g)}$ ,  $\Delta H^\circ = -114 \text{ kJ}$ . Se deja que una mezcla de HCl,  $\text{O}_2$ ,  $\text{Cl}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$  alcance el equilibrio a cierta temperatura. Explica cuál es el efecto sobre la cantidad de cloro gas en el equilibrio, si se introducen los siguientes cambios:**

- Adicionar a la mezcla más  $\text{O}_2$  (g).**
- Extraer HCl (g) de la mezcla.**
- Aumentar el volumen al doble manteniendo constante la temperatura.**
- Adicionar un catalizador a la mezcla de reacción.**
- Elevar la temperatura de la mezcla.**

Solución:

a) Si se adiciona  $\text{O}_2$  se incrementa su concentración, por lo que, el sistema lo consume haciéndolo reaccionar con HCl y producir más  $\text{Cl}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ , hasta alcanzar un nuevo estado de equilibrio. Se favorece la formación de cloro gas.

b) Si se extrae HCl del equilibrio, el sistema reacciona de forma inversa a la expuesta en el apartado anterior, es decir, al disminuir la concentración de HCl, el  $\text{Cl}_2$  reacciona con el  $\text{H}_2\text{O}$  para producir HCl y  $\text{O}_2$  hasta alcanzar un nuevo estado de equilibrio. Se disminuye la formación de cloro gas.

c) Si se aumenta el volumen del reactor al doble, disminuye la concentración molar de los gases y, en consecuencia, el número de moléculas por unidad de volumen, por lo que, el sistema reacciona consumiendo cloro y agua para formar cloruro de hidrógeno y oxígeno hasta alcanzar un nuevo estado de equilibrio, es decir, el sistema evoluciona aumentando el número de moléculas por unidad de volumen, hacia donde aparece un mayor número de moles, hacia la izquierda, disminuyendo la formación de cloro gas.

d) La adición de un catalizador sólo sirve para aumentar el valor de las velocidades de reacción directa e inversa, por lo que, el equilibrio se alcanza antes sin afectar para nada a la cantidad de cloro gas que se obtiene.

e) Si se eleva la temperatura de un sistema, se le suministrar calor, el sistema tiende a absorber el calor suministrado para restablecer el equilibrio, es decir, el sistema realiza la reacción endotérmica, por lo que se desplaza hacia la izquierda disminuyendo la formación de gas cloro.

## OPCIÓN B

**PROBLEMA 2.- Se disuelven 0,9132 g de un mineral de hierro en una disolución acuosa de ácido clorhídrico. En la disolución resultante el hierro se encuentra como  $\text{Fe}^{2+}$  (ac). Para oxidar todo este  $\text{Fe}^{2+}$  a  $\text{Fe}^{3+}$  se requieren 28,72 mL de una disolución 0,05 M de dicromato potásico,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ . La reacción redox, no ajustada, que tiene lugar es la siguiente:**



- Escribe las semirreacciones de oxidación y de reducción y la ecuación química global.**
- Calcula el porcentaje en masa del hierro en la muestra del mineral.**

**DATOS:**  $A_r(\text{Fe}) = 55,8 \text{ u}$ .

Solución:

a) Las semirreacciones de oxido-reducción son:

Semirreacción de oxidación:  $\text{Fe}^{2+} - 1 e^{-} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$ ,

Semirreacción de reducción:  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14 \text{H}^{+} + 6 e^{-} \rightarrow 2 \text{Cr}^{3+} + 7 \text{H}_2\text{O}$

Multiplicando por 6 la semirreacción de oxidación, se igualan los electrones y se eliminan al sumarlas, quedando ajustada la ecuación iónica:

$6 \text{Fe}^{2+} - 6 e^{-} \rightarrow 6 \text{Fe}^{3+}$ ,

$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14 \text{H}^{+} + 6 e^{-} \rightarrow 2 \text{Cr}^{3+} + 7 \text{H}_2\text{O}$

$6 \text{Fe}^{2+} + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14 \text{H}^{+} \rightarrow 6 \text{Fe}^{3+} + 2 \text{Cr}^{3+} + 7 \text{H}_2\text{O}$ , y llevando estos coeficientes a la ecuación molecular queda esta ajustada:

$6 \text{FeCl}_2 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 14 \text{HCl} \rightarrow 6 \text{FeCl}_3 + 2 \text{CrCl}_3 + 2 \text{KCl} + 7 \text{H}_2\text{O}$ .

b) Los moles de dicromato de potasio consumido en la reacción son:

$n(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = M \cdot V = 0,05 \text{ moles} \cdot \text{L}^{-1} \cdot 0,02872 \text{ L} = 0,00144 \text{ moles}$ , y como cada mol de dicromato reacciona con 6 moles de hierro (II), se deduce que los moles del catión hierro (II) son seis veces los de dicromato, es decir,  $0,00144 \cdot 6 = 0,00864 \text{ moles de Fe}^{2+}$ .

La masa que corresponde a los 0,00864 moles de  $\text{Fe}^{2+}$ , son:

$0,00864 \text{ moles Fe}^{2+} \cdot \frac{55,8 \text{ g Fe}^{2+}}{1 \text{ mol Fe}^{2+}} = 0,48 \text{ g}$ , que divididos entre la masa de mineral y multiplicando por

100 el cociente, se obtiene la pureza del mineral en hierro en tanto por ciento:  $\frac{0,48}{0,9132} \cdot 100 = 52,56 \%$ .

**Resultado: b) 52,56 % en Fe.**

**CUESTIÓN 3.- a) Considera los ácidos  $\text{HNO}_2$ , HF, HCN y  $\text{CH}_3\text{COOH}$ . Ordénalos de mayor a menor fuerza ácida, justificando la respuesta.**

**b) Indica, justificando la respuesta, si las disoluciones acuosas de las siguientes sales serán ácidas, básicas o neutras:  $\text{NaNO}_2$ ;  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ; NaF y KCN.**

**DATOS:  $K_a(\text{HNO}_2) = 5,1 \cdot 10^{-4}$ ;  $K_a(\text{NH}_4^+) = 5,5 \cdot 10^{-10}$ ;  $K_a(\text{HCN}) = 4,8 \cdot 10^{-10}$ ;  $K_a(\text{HF}) = 6,8 \cdot 10^{-4}$ ;  $K_a(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,8 \cdot 10^{-5}$ .**

Solución:

a) Un ácido es tanto más fuerte cuanto más elevada es su constante de acidez, es decir, a mayor constante ácida mayor es su ionización, mayor la concentración de iones oxonios que produce y, por ello, mayor es su fuerza como ácido. Luego, comparando las constantes ácidas de los ácidos, se establece el orden de mayor a menor acidez. Este orden es:

$\text{HF } K_a(6,8 \cdot 10^{-4}) > \text{HNO}_2 K_a(5,1 \cdot 10^{-4}) > \text{CH}_3\text{COOH } K_a(1,8 \cdot 10^{-5}) > \text{HCN } K_a(4,8 \cdot 10^{-10})$

b) Todas las sales propuestas, en disolución acuosa, se encuentran totalmente ionizadas, permaneciendo en disolución, sin hidrolizarse, los cationes y aniones que son los ácido y base conjugados muy débiles de las correspondientes base y ácido muy fuertes. Los cationes  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$  y el anión  $\text{NO}_3^-$ , no se hidrolizan por ser ácidos y base conjugados excesivamente débiles, mientras que el catión  $\text{NH}_4^+$ , y los aniones  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{CN}^-$  y  $\text{F}^-$  sufren hidrólisis por ser bases y ácido conjugados relativamente fuertes.

Luego, la disolución de la sal  $\text{NaNO}_2$ , es neutra, su pH es 7, mientras que las disoluciones de las sales  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , KCN y KF debido a la hidrólisis del catión  $\text{NH}_4^+$  y aniones  $\text{CN}^-$  y  $\text{F}^-$  presentan un pH distinto de 7.

En efecto, el catión amonio se hidroliza según la ecuación:

$\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}_3\text{O}^+$ , en la que aparece un incremento en la concentración de iones oxonios, lo que pone de manifiesto que la disolución es ácida, es decir, tiene un pH inferior a 7.

Los aniones cianuro y fluoruro se hidroliza según las ecuaciones:  $\text{CN}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCN} + \text{OH}^-$ ,  $\text{F}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCN} + \text{OH}^-$ , en la que se produce un incremento de concentración del ión hidróxido, lo que indica que las disoluciones son básicas, es decir, presentan un pH superior a 7.

**CUESTIÓN 5.- Completa las siguientes reacciones y nombra los compuestos orgánicos que en ellas intervienen:**

a)  $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_3 + \text{H}_2$  (catalizador)  $\rightarrow$

b)  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 + \text{H}_2$  (catalizador)  $\rightarrow$

c)  $\text{CH}_3 - \text{COO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{H}^+$  (ac)  $\rightarrow$

d)  $\text{CH}_2 = \text{CH}_2 + \text{H}_2\text{O}$  ( $\text{H}^+$  ac)  $\rightarrow$

