

## BLOQUE B

**PROBLEMA 1.-** El análisis centesimal de cierto ácido orgánico ha dado el siguiente resultado: C = 40 %, H = 6,66 % y O = 53,34 %. Por otra parte, 20 g del compuesto ocupan un volumen de 11L a la presión de 1 atm y temperatura de 400 K.

- Determina la fórmula empírica del ácido.
- Determina su fórmula molecular.
- Nombra el compuesto.

Solución:

a) Considerando 100 g del compuesto, en él existen 40 g de C, 6,66 g de H y 53,34 g de O, y los moles de cada uno de los elementos, subíndices en la fórmula empírica, son:

$$n(\text{C}) = 40 \text{ g C} \cdot \frac{1 \text{ mol C}}{12 \text{ g C}} = 3,33 \text{ moles C}; \quad n(\text{H}) = 6,66 \text{ g H} \cdot \frac{1 \text{ mol H}}{1 \text{ g H}} = 6,66 \text{ moles H};$$

$$n(\text{O}) = 53,34 \text{ g O} \cdot \frac{1 \text{ mol O}}{16 \text{ g O}} = 3,33 \text{ moles O}.$$

Como los subíndices no pueden ser números decimales se dividen por el menor, resultando:

$$\text{C: } \frac{3,33}{3,33} = 1; \quad \text{H: } \frac{6,66}{3,33} = 2; \quad \text{O: } \frac{3,33}{3,33} = 1. \text{ Luego, la fórmula empírica del compuesto es: } \text{CH}_2\text{O}.$$

b) De la ecuación de estado de los gases ideales se obtiene la masa molar del compuesto, que se despeja, se sustituyen las variables conocidas por sus valores y se opera, obteniéndose:

$$P \cdot V = \frac{g}{M} \cdot R \cdot T \Rightarrow M = \frac{g \cdot R \cdot T}{P \cdot V} = \frac{20 \text{ g} \cdot 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 400 \text{ K}}{1 \text{ atm} \cdot 11 \text{ L}} = 59,6 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

La masa molar de la fórmula empírica es:  $M(\text{CH}_2\text{O}) = 30 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ , y de la relación entre las masas molares de las fórmulas empírica y molecular se obtiene ésta:

$$M[(\text{CH}_2\text{O})_n] = n \cdot M(\text{CH}_2\text{O}) \Rightarrow n = \frac{M[(\text{CH}_2\text{O})_n]}{M(\text{CH}_2\text{O})} = \frac{59,6 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{30 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 1,986 \approx 2, \text{ por lo que la}$$

fórmula molecular es  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ .

c) El compuesto es el ácido acético,  $\text{CH}_3 - \text{COOH}$ .

**Resultado: a)  $\text{CH}_2\text{O}$ ; b)  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ .**

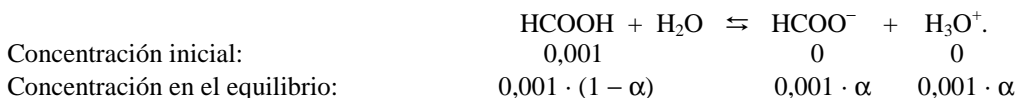
**PROBLEMA 2.-** La constante de ionización del ácido fórmico ( $\text{HCOOH}$ ) es de  $1,77 \cdot 10^{-4}$ . Calcula:

- El pH de la disolución formada al disolver 0,025 g de ácido en 500 mL de agua.
- El pH de la disolución resultante al añadir 50 mL de HCl 0,02 M a 0,1 L de la disolución anterior.

Solución:

$$\text{a) La concentración del ácido es: } M = \frac{\text{moles}}{\text{Litros}} = \frac{0,025 \text{ g HCOOH}}{46 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 0,5 \text{ L}} = 0,001 \text{ M}.$$

Por ser un ácido débil se encuentra parcialmente disociado, y siendo  $\alpha$  el grado de disociación, las concentraciones al inicio y en el equilibrio de todas las especies son:



y llevando estos valores de concentración a la constante ácida del fórmico, despreciando  $\alpha$  frente a 1 por su pequeñez y operando, sale para  $\alpha$  el valor:

$$K_a = \frac{[\text{HCOO}^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HCOOH}]} \Rightarrow 1,77 \cdot 10^{-4} = \frac{0,001^2 \cdot \alpha^2}{0,001(1 - \alpha)} \Rightarrow \alpha = \sqrt{\frac{1,77 \cdot 10^{-4}}{0,001}} = 0,42, \text{ siendo}$$

la concentración de los iones  $\text{H}_3\text{O}^+$   $4,2 \cdot 10^{-4}$ , y el pH de la disolución:  $\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] = 4 - \log 4,2 = 4 - 0,62 = 3,38$ .

b) Al añadir HCl, ácido muy fuerte totalmente ionizado, aumenta la concentración de  $\text{H}_3\text{O}^+$ , y el equilibrio anterior se desplaza hacia la izquierda, lo que exige determinar la nueva concentración de  $\text{H}_3\text{O}^+$  en la nueva disolución.

Los moles iniciales de ácido metanoico en los 0,1 L de disolución son:

$n = M \cdot V = 0,001 \text{ moles} \cdot 0,1 \text{ L} = 10^{-4} \text{ moles}$ , que al estar ionizado un 42 %, indica que en el equilibrio hay  $10^{-4} - 10^{-4} \cdot 0,42 = 5,8 \cdot 10^{-5} \text{ moles}$  de ácido sin ionizar y  $10^{-4} \cdot 0,42 = 4,2 \cdot 10^{-5} \text{ moles}$  de  $\text{HCOO}^-$  y  $4,2 \cdot 10^{-5} \text{ moles}$  de  $\text{H}_3\text{O}^+$ .

Los moles de HCl, igual a los moles de  $\text{H}_3\text{O}^+$ , añadidos son:

$n(\text{H}_3\text{O}^+) = M \cdot V = 0,02 \text{ moles} \cdot 0,05 \text{ L} = 0,001 \text{ moles}$  de  $\text{H}_3\text{O}^+$ , siendo los moles totales de  $\text{H}_3\text{O}^+$  en la disolución  $0,001 + 0,000042 = 0,001042 \text{ moles}$ . Los moles de cada una de las sustancias en el nuevo equilibrio, siendo x los moles de  $\text{H}_3\text{O}^+$  que reaccionan para producir HCOOH son:

$\text{HCOOH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCOO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$

Concentración en el equilibrio:  $5,8 \cdot 10^{-5} + x$        $4,2 \cdot 10^{-5} - x$        $1,042 \cdot 10^{-3} - x$

siendo sus concentraciones al estar disueltos en un volumen total de 0,150 L:

$$[\text{HCOOH}] = \frac{(5,8 \cdot 10^{-5} + x) \text{ moles}}{0,150 \text{ L}} \text{ M}; \quad [\text{HCOO}^-] = \frac{(4,2 \cdot 10^{-5} - x) \text{ moles}}{0,150 \text{ L}} \text{ M};$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{(1,042 \cdot 10^{-3} - x) \text{ moles}}{0,150 \text{ L}} \text{ M}, \text{ que llevadas a la constante de acidez del ácido y operando}$$

para resolver la ecuación de segundo grado que resulta, sale para x el valor:

$$K_a = \frac{[\text{HCOO}^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HCOOH}]} \Rightarrow 1,77 \cdot 10^{-4} = \frac{(4,2 \cdot 10^{-5} - x) \text{ M} \cdot \frac{1,042 \cdot 10^{-3} - x}{0,150} \text{ M}}{\frac{5,8 \cdot 10^{-5} + x}{0,150} \text{ M}} \Rightarrow$$

$x^2 - 1,1 \cdot 10^{-3} \cdot x + 4,534 \cdot 10^{-8} = 0$ , que da para x los valores:  $x_1 = 0,00105 \text{ moles}$ , solución imposible por ser superior a los moles de ácido HCl añadidos;  $x_2 = 0,00005 \text{ moles}$ , de donde se deduce que la nueva

concentración de  $\text{H}_3\text{O}^+$  en la disolución resultante es:  $[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{1,042 \cdot 10^{-3} - 5 \cdot 10^{-5}}{0,150} = 9,92 \cdot 10^{-4} \text{ M}$ ,

siendo el pH de la nueva disolución:  $\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] = 4 - \log 9,92 = 4 - 1 = 3$ .

**Resultado: a) pH = 3,38; b) pH = 3.**

## BLOQUE C

**CUESTIÓN 1.- Los elementos A, B, C y D tienen de números atómicos 10, 15, 17 y 20.**

- a) **Escribe la configuración electrónica de A,  $\text{C}^-$  y  $\text{D}^{2+}$  e indica el grupo al que pertenece cada uno de estos elementos.**
- b) **De los cuatro elementos (neutros) indica, razonando la respuesta, cuál tiene mayor energía de ionización y cuál mayor radio atómico.**

Solución:

a) Para conocer el grupo al que pertenece cada elemento hay que escribir sus configuraciones electrónicas.

A (Z = 10):  $1s^2 2s^2 2p^6$ ; B (Z = 15):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$ ; C (Z = 17):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ ;

D (Z = 20):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$ .

De las configuraciones electrónicas se desprende que el elemento A pertenece al grupo 18, el de los gases nobles, que se caracteriza por poseer en la capa de valencia 8 electrones; el elemento B, que tiene en su capa de valencia tres electrones menos que los gases nobles, se encuentra en el grupo 15, o por tener 3 electrones en los orbitales 3p que comienzan a llenarse, en el grupo 13, inmediatamente después del último elemento de transición que ocupa el grupo 12; el elemento C se sitúa en el grupo 17 por tener un electrón menos que los gases nobles, o también, por tener 5 electrones en los orbitales 3p que inician el llenado en el grupo 13; el elemento D por tener completo el orbital 4s se encuentra situado en el grupo 2.

b) Energía de ionización es la energía que hay que suministrar a un átomo gaseoso, en su estado electrónico fundamental y neutro, para arrancarle un electrón de su último nivel energético y formar un ión monopositivo, también en estado gaseoso y en su estado electrónico fundamental.

Al bajar en un grupo crece la carga nuclear, pero al ir situándose el electrón que se adiciona en un nivel energético cada vez más alejado del núcleo, la fuerza atractiva núcleo-electrón más externo se va haciendo menor y, por tanto, en este sentido va disminuyendo la energía de ionización.

Los elementos dados se encuentran en los períodos indicados por el valor de su número cuántico principal  $n$ ; en el 2º el A, en el 3º el B y C, y en el 4º el D. Luego, el orden creciente de esta propiedad es:  $D < B < C < A$ .

El radio atómico es una propiedad periódica que disminuye al avanzar en un período hacia la derecha y aumenta al bajar en un grupo.

La razón se encuentra en que el electrón diferenciador, electrón demás que tiene un átomo respecto al anterior, se sitúa en el mismo nivel energético, y como al avanzar en el período aumenta la carga nuclear efectiva, la fuerza atractiva núcleo-electrón diferenciador es grande, experimentando el átomo una contracción de su volumen y, en consecuencia, una disminución del radio.

El aumento del radio atómico al bajar en un grupo se debe a que, aunque se va incrementando la carga nuclear, los electrones se van situando en niveles cada vez más alejados del núcleo y, por ello, la fuerza atractiva núcleo-electrón va haciéndose cada vez menor y ello provoca el efecto citado.

De lo expuesto se deduce que el orden del radio atómico de los elementos es: radio A < radio B < radio C < radio D.

**CUESTIÓN 4.- Una pila voltaica consta de un electrodo de magnesio sumergido en una disolución 1 M de  $Mg(NO_3)_2$  y otro electrodo de plata sumergido en una disolución 1 M de  $AgNO_3$  a 25 °C.**

a) **Escribe la semirreacción que ocurre en cada electrodo así como la reacción global ajustada.**

b) **Indica qué electrodo actúa como ánodo y cuál como cátodo y calcula la diferencia de potencial que proporciona la pila.**

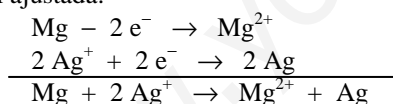
**DATOS:  $E^0(Mg^{2+}/Mg) = -2,37 V$ ;  $E^0(Ag^+/Ag) = 0,80 V$ .**

Solución:

a) En el electrodo de magnesio, ánodo, tiene lugar la semirreacción de oxidación del magnesio, es decir, de la barra de magnesio pasan a la disolución iones magnesio:  $Mg - 2 e^- \rightarrow Mg^{2+}$ .

En el electrodo de plata, cátodo, se depositan átomos neutros de plata como consecuencia de la reducción de los iones plata, es decir:  $Ag^+ + 1 e^- \rightarrow Ag$ .

La reacción global transcurre cuando se igualan los electrones ganados y cedidos, por lo que al multiplicar la semirreacción catódica por 2 y sumarlas, se eliminan los electrones y se obtiene la reacción global ajustada:



b) Como se ha expuesto en el apartado anterior, como ánodo actúa el electrodo de magnesio, y como cátodo el electrodo de plata. La diferencia de potencial o fuerza electromotriz de la pila se obtiene de la expresión:  $E^0_{pila} = E^0_{cátodo} - E^0_{ánodo} = 0,80 V - (-2,37) V = 3,17 V$ .

**CUESTIÓN 6.- Completa las siguientes reacciones, nombrando todos los compuestos que intervienen:** a)  $CH_4 + Cl_2 \rightarrow$       b)  $CH_2 = CH_2 + H_2O \rightarrow$       c)  $CH \equiv CH + H_2 \rightarrow$

d)  $CH_3COOH + KOH \rightarrow$       e)  $CH_3OH + CH_3COOH \rightarrow$

Solución:

a)  $CH_4 + Cl_2 \rightarrow CH_3Cl + Cl \cdot$  metano    cloro    cloruro de metilo    radical cloro    b)  $CH_2 = CH_2 + H_2O \rightarrow CH_3 - CH_2OH$  eteno    agua    etanol

c)  $CH \equiv CH + H_2 \rightarrow CH_2 = CH_2$  etino    hidrógeno    eteno    d)  $CH_3COOH + KOH \rightarrow CH_3 - COOK + H_2O$  ácido acético    hidróxido de potasio    acetato de potasio    agua

e)  $CH_3OH + CH_3COOH \rightarrow CH_3 - COOCH_3 + H_2O$  metanol    ácido acético    acetato de metilo    agua