

## OPCIÓN A

**CUESTIÓN 2.- Considera la serie de elementos: Li, Na, K, Rb y Cs.**

- Define energía de ionización.**
- Indica cómo varía la energía de ionización en la serie de los elementos citados.**
- Explica cuál es el factor determinante de esta variación.**

Solución:

a) Energía de ionización es la mínima energía que hay que aplicar a un átomo neutro, gaseoso y en su estado electrónico fundamental, para arrancarle un electrón de su capa de valencia y convertirlo en un catión gaseoso y en su estado electrónico fundamental.

b) Disminuye al bajar en el grupo, pues, aunque aumenta su carga nuclear, el electrón se va situando en niveles cada vez más alejado del núcleo y la fuerza atractiva núcleo-electrón más externo se va haciendo cada vez menor, necesitándose, por ello, menos energía para arrancar dicho electrón.

c) De lo expuesto en el apartado anterior, se deduce fácilmente que el factor determinante en la disminución de la energía de ionización al bajar en un grupo es el volumen atómico, es decir, el aumento de tamaño del átomo que es el que provoca el distanciamiento núcleo-electrón más externo.

**CUESTIÓN 3.- Para el siguiente sistema en equilibrio:  $\text{SnO}_2(\text{s}) + 2 \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{Sn}(\text{s})$ , el valor de la constante de equilibrio  $K_p$  a 900 K es 1,5 y a 1000 K es 10. Razona si para conseguir una mayor producción de estaño se deberá:**

- Aumentar la temperatura.**
- Aumentar la presión.**
- Adicionar un catalizador.**

Solución:

a) El valor de la constante de equilibrio en función de las presiones parciales de productos y reactivos es:  $K_p = \frac{P_{\text{H}_2\text{O}}^2}{P_{\text{H}_2}^2}$ , por lo que, si al aumentar la temperatura se incrementa el valor de  $K_p$ , ello

indica que se ha producido un aumento de la cantidad de  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ , lo que pone de manifiesto que el equilibrio se ha desplazado hacia la derecha, deduciéndose, por tanto, que un aumento de la temperatura provoca una mayor producción de estaño.

Otra forma de explicarlo es: Al aumentar  $K_p$  con la temperatura se pone de manifiesto que la reacción es endotérmica, y por tanto, un aumento de la temperatura desplaza el equilibrio en el sentido en el que se absorbe el calor suministrado, en el sentido endotérmico, hacia la derecha, lo que provoca un incremento en la producción de Sn.

b) Un aumento de la presión provoca una disminución del volumen del reactor, ley de Boyle-Mariotte ( $P \cdot V = P' \cdot V'$ ), por lo que, esta disminución de la capacidad del reactor hace que el equilibrio se desplace en el sentido en el que aparece un mayor número de moles, pero como dicho número de moles es el mismo para reactivos y productos, el equilibrio no se altera y, por tanto, no se produce aumento ni disminución en la producción de estaño.

d) La adición de un catalizador no modifica el equilibrio del sistema, pues ésta sustancia sólo sirve para incrementar la velocidad de una reacción, por lo que su adición, al aumentar la velocidad de las reacciones directa e inversa, únicamente sirve para que el equilibrio se alcance más rápidamente.

**PROBLEMA 2.- Se hacen reaccionar 200 g de piedra caliza que contiene un 60 % de Carbonato de calcio con exceso de ácido clorhídrico, según:  $\text{CaCO}_3 + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ . Calcula:**

- Los gramos de cloruro de calcio que se obtienen.**
- El volumen de  $\text{CO}_2$  que se obtiene medido a 17 °C y 740 mm Hg.**

**DATOS:**  $A_r(\text{C}) = 12 \text{ u}$ ;  $A_r(\text{O}) = 16 \text{ u}$ ;  $A_r(\text{Ca}) = 40 \text{ u}$ ;  $R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ .

Solución:

a) Multiplicando la masa de carbonato por su pureza, los correspondientes factores de conversión y relación molar, se determina la masa de cloruro de calcio que se obtiene en la reacción:

$$200 \text{ g caliza} \cdot \frac{60 \text{ g CaCO}_3}{100 \text{ g caliza}} \cdot \frac{1 \text{ mol CaCO}_3}{100 \text{ g CaCO}_3} \cdot \frac{1 \text{ mol CaCl}_2}{1 \text{ mol CaCO}_3} \cdot \frac{111 \text{ g CaCl}_2}{1 \text{ mol CaCl}_2} = 133,2 \text{ g de CaCl}_2$$

b) Procediendo igual que en el apartado anterior se obtienen los moles de CO<sub>2</sub>, que llevados a la ecuación de estado de los gases ideales en las condiciones dadas, despejando el volumen y operando, se obtiene el valor del volumen de CO<sub>2</sub> desprendido.

$$200 \text{ g caliza} \cdot \frac{60 \text{ g CaCO}_3}{100 \text{ g caliza}} \cdot \frac{1 \text{ mol CaCO}_3}{100 \text{ g CaCO}_3} \cdot \frac{1 \text{ mol CO}_2}{1 \text{ mol CaCO}_3} = 1,2 \text{ moles de CO}_2, \text{ cuyo volumen es:}$$

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \Rightarrow V = \frac{n \cdot R \cdot T}{P} = \frac{1,2 \text{ moles} \cdot 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 290 \text{ K}}{740 \frac{\text{mm Hg}}{760 \text{ mm Hg}}} = 29,31 \text{ L}$$

**Resultado: a) 133,2 g CaCl<sub>2</sub>; b) V = 29,31 L.**

### OPCIÓN B

**CUESTIÓN 2.- En 10 g de Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>:**

- ¿Cuántos moles hay de dicha sal?
- ¿Cuántos moles hay de iones sulfato?
- ¿Cuántos átomos hay de oxígeno?

**DATOS: A<sub>r</sub> (Fe) = 56 u; A<sub>r</sub> (S) = 32 u; A<sub>r</sub> (O) = 16 u.**

Solución:

$$M [\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3] = 400 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

a) Aplicando a los 10 g el correspondiente factor de conversión se obtienen los moles de sal:

$$10 \text{ g Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \frac{1 \text{ mol Fe}_2(\text{SO}_4)_3}{400 \text{ g Fe}_2(\text{SO}_4)_3} = 0,025 \text{ moles Fe}_2(\text{SO}_4)_3$$

b) 1 mol de la sal se disocia produciendo 2 moles de iones Fe<sup>2+</sup> y 3 moles de iones sulfato, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, siendo los moles de este ión en los 10 g de sal:

$$10 \text{ g Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \frac{1 \text{ mol Fe}_2(\text{SO}_4)_3}{400 \text{ g Fe}_2(\text{SO}_4)_3} \cdot \frac{3 \text{ moles SO}_4^{2-}}{1 \text{ mol Fe}_2(\text{SO}_4)_3} = 0,075 \text{ moles de iones SO}_4^{2-}$$

c) Operando como en los casos anteriores, teniendo presente que una molécula de sal contiene 12 átomos de oxígeno:

$$10 \text{ g Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \frac{1 \text{ mol Fe}_2(\text{SO}_4)_3}{400 \text{ g Fe}_2(\text{SO}_4)_3} \cdot \frac{6,023 \cdot 10^{23} \text{ moléculas Fe}_2(\text{SO}_4)_3}{1 \text{ mol Fe}_2(\text{SO}_4)_3} \cdot \frac{12 \text{ átomos O}}{1 \text{ molécula Fe}_2(\text{SO}_4)_3} = 1,81 \cdot 10^{23} \text{ O}$$

**Resultado: a) 0,25 moles Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>; b) 0,075 moles SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>; c) 1,81 · 10<sup>23</sup> O.**

**CUESTIÓN 4.- a) El pH de una disolución de un ácido monoprótico, HA, de concentración 5 · 10<sup>-3</sup> M es 2,3. ¿Se trata de un ácido fuerte o débil? Razona la respuesta.**

**b) Razona si el pH de una disolución acuosa de CH<sub>3</sub> – COONa es mayor, menor o igual a 7.**

Solución:

a) Determinando la concentración de iones oxonios puede conocerse la fortaleza del ácido:

[H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>] = 10<sup>-pH</sup> = 10<sup>-2,3</sup> = 10<sup>0,7</sup> · 10<sup>-3</sup> = 5 · 10<sup>-3</sup> M. Al ser igual la concentración de iones oxonios que la de la disolución, indica que el ácido se encuentra totalmente disociado, por lo que se trata de un ácido fuerte.

b) La sal CH<sub>3</sub> – COONa se encuentra en disolución totalmente disociada, y sólo el anión acetato, CH<sub>3</sub> – COO<sup>-</sup>, base medianamente fuerte del ácido débil acético, sufre hidrólisis según la ecuación:

$\text{CH}_3 - \text{COO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3 - \text{COOH} + \text{OH}^-$ , y por producirse un incremento de la concentración de iones hidroxilos,  $\text{OH}^-$ , el pH de la disolución de la sal es básico, es decir, mayor de 7. El catión  $\text{Na}^+$ , ácido extremadamente débil de la base muy fuerte NaOH, no se hidroliza nunca.

**PROBLEMA 2.- En un matraz de 2 L se introducen 12 g de  $\text{PCl}_5$  y se calienta hasta 300 °C. Al establecerse el siguiente equilibrio de disociación:  $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ , la presión total de la mezcla es de 2,12 atm, a esa temperatura. Calcula:**

- a) El grado de disociación del  $\text{PCl}_5$  en las condiciones señaladas.  
b) El valor de  $K_p$  a 300 °C.

**DATOS:**  $A_r(\text{P}) = 31 \text{ u}$ ;  $A_r(\text{Cl}) = 35,5 \text{ u}$ ;  $R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ .

Solución:

$$M(\text{PCl}_5) = 208,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

$$\text{a) Los moles que se introducen en el matraz son: } n(\text{PCl}_5) = 12 \text{ g} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{208,5 \text{ g}} = 0,058 \text{ moles.}$$

Llamando x a los moles de  $\text{PCl}_5$  que se disocian, los moles de cada sustancia al inicio y en el equilibrio son:



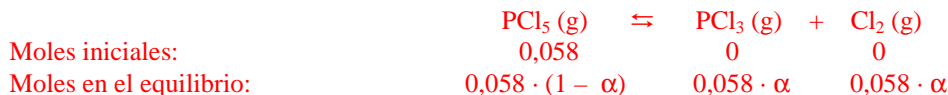
siendo los moles totales en el equilibrio:  $0,058 - x + x + x = 0,058 + x$ , a los que aplicando la ecuación de estado de los gases ideales en las condiciones dadas, despejando x, sustituyendo las variables por sus valores y operando:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \Rightarrow x = \frac{P \cdot V}{R \cdot T} - 0,058 = \frac{2,12 \text{ atm} \cdot 2 \text{ L}}{0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 573 \text{ K}} - 0,058 = 0,032 \text{ moles.}$$

Dividiendo los moles disociados entre los iniciales y multiplicando por 100, se obtiene el grado de disociación expresado en %.

$$\alpha = \frac{0,032}{0,058} \cdot 100 = 55,17 \%$$

Otra forma de resolver es aplicando directamente el grado de disociación  $\alpha$ :



siendo los moles totales en el equilibrio:  $0,058 - 0,058 \cdot \alpha + 0,058 \cdot \alpha + 0,058 \cdot \alpha = 0,058 \cdot (1 + \alpha)$ , y operando como ante:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \Rightarrow \alpha = \frac{P \cdot V}{R \cdot T} - 1 = \frac{2,12 \text{ atm} \cdot 2 \text{ L}}{0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 573 \text{ K} \cdot 0,058 \text{ moles}} - 1 = 0,5559 = 55,59 \%$$

b) Conocidos los moles disociados puede determinarse la concentración de cada una de las sustancias en el equilibrio, obtenerse el valor de  $K_c$  y de la relación de éste con  $K_p$  su valor.

$$[\text{PCl}_5] = \frac{(0,058 - 0,032) \text{ moles}}{2 \text{ L}} = 0,013 \text{ M}; \quad [\text{PCl}_3] = [\text{Cl}_2] = \frac{0,032 \text{ moles}}{2 \text{ L}} = 0,016 \text{ M.}$$

y llevando estos valores a la constante de equilibrio  $K_c$  y operando:

$$K_c = \frac{[\text{PCl}_3] \cdot [\text{Cl}_2]}{[\text{PCl}_5]} = \frac{0,016^2 \text{ M}^2}{0,013 \text{ M}} = 0,02 \text{ M, y de su relación con } K_p:$$

$K_p = K_c \cdot (R \cdot T)^{\Delta n}$ , siendo  $\Delta n = 2 - 1 = 1$ , de donde:

$$K_p = 0,02 \text{ moles} \cdot \text{L} \cdot (0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 573 \text{ K})^1 = 0,94 \text{ atm.}$$

También puede resolverse la obtención de  $K_p$  a partir de las presiones parciales de los gases en el equilibrio. INTÉNTALO.

**Resultado: a)  $\alpha = 55,17 \%$ ; b)  $K_p = 0,94 \text{ atm}$ .**