

**BLOQUE 3.-** En un recipiente de 20 L a 25 °C se hallan en equilibrio 2,14 moles de N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> y 0,50 moles de NO<sub>2</sub>.

- Calcula K<sub>c</sub> y K<sub>p</sub> a esa temperatura.
- Calcula la concentración de NO<sub>2</sub> cuando se reestablezca el equilibrio si se introducen en el recipiente, a temperatura constante, otros 2 moles de N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>.
- Indica qué ocurre con el valor de K<sub>c</sub> si se introducen en el recipiente, a temperatura constante, 2 moles de helio y justifica, por tanto, hacia donde se desplazará el equilibrio.

**DATOS:** R = 0,082 atm · L · mol<sup>-1</sup> · K<sup>-1</sup>.

Solución:

a) Las concentraciones de las distintas especies en el equilibrio son:

$$[N_2O_4] = \frac{2,14 \text{ moles}}{20 \text{ L}} = 0,11 \text{ M} ; \quad [NO_2] = \frac{0,50 \text{ moles}}{20 \text{ L}} = 0,025 \text{ M}, \text{ que sustituidas en la}$$

constante de equilibrio K<sub>c</sub> y operando: 
$$K_c = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} = \frac{0,025^2 \text{ M}^2}{0,11 \text{ M}} = 5,68 \cdot 10^{-3} \text{ M}.$$

De la expresión que relaciona K<sub>p</sub> y K<sub>c</sub>: K<sub>p</sub> = K<sub>c</sub> · (R · T)<sup>Δn</sup>, sabiendo que Δn (moles de productos de reacción menos moles de reactivos) vale 1, (Δn = 2 – 1 = 1), el valor de K<sub>p</sub> es:

$$K_p = 5,68 \cdot 10^{-3} \text{ moles} \cdot \text{L}^{-1} \cdot (0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 298 \text{ K})^1 = 0,14 \text{ atm}.$$

b) Si se introducen en el recipiente 2 moles de N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> el equilibrio se desplaza hacia la derecha, y llamando “x” los moles de N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (g) que se disocian, los moles iniciales y en el equilibrio de los diferentes gases son:



y obteniendo las nuevas concentraciones en el equilibrio, llevándolas a la constante K<sub>c</sub> y resolviendo la ecuación de segundo grado que resulta:

$$K_c = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} \Rightarrow 5,68 \cdot 10^{-3} = \frac{(0,5 + 2 \cdot x)^2}{\frac{20^2}{4,14 - x}} = \frac{(0,5 + 2 \cdot x)^2}{20 \cdot (4,14 - x)} \Rightarrow 4 \cdot x^2 + 2,11 \cdot x - 0,22 = 0,$$

cuyo valor para x es: x = 0,089 moles, siendo los moles de N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> en el equilibrio 4,14 – 0,089 = 4,05, y su concentración:  $[N_2O_4] = \frac{4,05 \text{ moles}}{20 \text{ L}} = 0,2 \text{ M}.$

c) Si se introduce un gas inerte en la mezcla se eleva la presión total del equilibrio, pero como al mismo tiempo disminuye la fracción molar de los gases, se mantienen constantes sus presiones parciales y concentraciones molares, por lo que no se perturba el equilibrio del sistema.

**Resultado:** a) K<sub>c</sub> = 5,68 · 10<sup>-3</sup> M; K<sub>p</sub> = 0,14 atm; b) [NO<sub>2</sub>] = 0,034 M.

**BLOQUE 4.- a) Escribe las fórmulas de los siguientes compuestos orgánicos:**

1) 4-metil-2-penteno; 2) etilmetiléter; 3) fenilamina; 4) 2,2-dimetilbutanal.

b) Justifica por qué entre las moléculas de CH<sub>3</sub>OH se produce enlace de hidrógeno mientras que no existe este tipo de enlace entre las moléculas de HCHO.

c) Escribe y nombra el compuesto orgánico que se forma al calentar etanol en presencia de ácido sulfúrico concentrado. Explica brevemente por qué a este tipo de reacción orgánica se le denomina de eliminación.

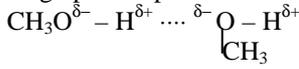
Solución:

- 1.- 4-metil-2-penteno: CH<sub>3</sub> – CH = CH – CH(CH<sub>3</sub>) – CH<sub>3</sub>.
- 2.- Etilmetiléter: CH<sub>3</sub> – CH<sub>2</sub> – O – CH<sub>3</sub>.

3.- Fenilamina:  NH<sub>2</sub>.

4.- 2,2-dimetilbutanal:  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{C}(\text{CH}_3)_2 - \text{CHO}$ .

b) El enlace de hidrógeno se produce cuando un átomo de H se une, covalentemente, a un átomo de radio pequeño y muy electronegativo, como son flúor, oxígeno o nitrógeno. El par de electrones del enlace O – H en la molécula de metanol,  $\text{CH}_3\text{OH}$ , se encuentra muy desplazado hacia el átomo de oxígeno, apareciendo sobre éste una carga parcial negativa y sobre el átomo de hidrógeno otra parcial positiva. Esto hace que las moléculas de metanol se orienten, unas hacia otras, de forma que el átomo con carga parcial positiva se dirija hacia el de carga parcial negativa, formándose así el enlace de hidrógeno.



En la molécula de metanal,  $\text{HCHO}$ , no se produce este enlace por no estar el átomo de oxígeno enlazado covalentemente con ningún átomo de hidrógeno.

c)  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{OH} + \text{H}_2\text{SO}_4$  (conc)  $\rightarrow \text{CH}_2 = \text{CH}_2$ ; Eteno. Se denomina reacción de eliminación por perder o eliminar la molécula de etanol una molécula de agua.

#### BLOQUE 5.- El metanol se puede obtener industrialmente a partir de la reacción:



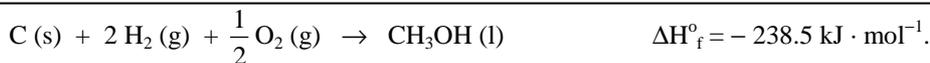
- a) Si la entalpía de formación del monóxido de carbono es  $-110,5 \text{ kJ/mol}$ , calcula la entalpía molar de formación del metanol líquido.
- b) Si la entalpía de vaporización del metanol es  $35,2 \text{ kJ/mol}$ , calcula la entalpía de formación del metanol en estado de vapor.

Solución:

a) La reacción de formación del monóxido de carbono es:  $\text{C} (\text{s}) + \frac{1}{2} \text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow \text{CO} (\text{g})$ .

Aplicando la ley de Hess a las ecuaciones anterior y propuesta, se obtiene la entalpía estándar molar de la reacción de formación del metanol líquido.

En efecto, sumando la ecuación anterior y la propuesta se obtiene la que se busca:



b) La ecuación de vaporización del metanol es:  $\text{CH}_3\text{OH} (\text{l}) \rightarrow \text{CH}_3\text{OH} (\text{g})$ , y la entalpía del proceso se obtiene de la expresión:  $\Delta H_v^\circ = \sum a \cdot \Delta H_f^\circ \text{ productos} - \sum b \cdot \Delta H_f^\circ \text{ reactivos}$ , y sustituyendo variables y operando:  $\Delta H_v^\circ = \Delta H_f^\circ \text{CH}_3\text{OH} (\text{g}) - \Delta H_f^\circ \text{CH}_3\text{OH} (\text{l}) \Rightarrow \Delta H_f^\circ \text{CH}_3\text{OH} (\text{g}) = \Delta H_f^\circ \text{CH}_3\text{OH} (\text{l}) + \Delta H_v^\circ = [(-238,5) + 35,2] \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = -203,3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

**Resultado:** a)  $\Delta H_f^\circ = -238,5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ; b)  $\Delta H_v^\circ = -203,3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ .