



## EJERCICIO PRÁCTICO. SESIÓN Nº 2. QUÍMICA

2.

Si se calientan 29,9 g de pentacloruro de antimonio a 182 °C en un recipiente de 3,00 litros se establece un equilibrio gaseoso entre el pentacloruro mencionado con tricloruro de antimonio y cloro. Calcule:

a) Las concentraciones de las distintas especies en el equilibrio si la presión total es de  $1,56 \cdot 10^5$  Pa

b)  $K_c$ ,  $K_x$ ,  $K_p$ .

c) Las concentraciones de las distintas especies en el equilibrio, si la mezcla anterior se comprime hasta un volumen de 1,00 litros.

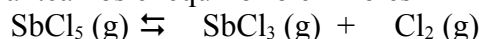
d) El grado de disociación y presión total de equilibrio en el apartado anterior.

Datos: Masas atómicas en u: Cl = 35,5 Sb = 121,7

$R = 8,31 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$

*Comentario: enunciado da los datos con al menos 3 cifras significativas, por lo que se tiene en cuenta a la hora de dar los resultados.*

a) Planteamos el equilibrio en moles



Inic  $n_0$                       0                      0

Equ  $n_0-x$                     x                    x

Llamamos  $n_0$  al número inicial de moles, y  $x$  al número de moles que se disocian en el equilibrio.

Masa molar  $\text{SbCl}_5 = 121,7 + 5 \cdot 35,5 = 299,2 \text{ g/mol}$

Masa molar  $\text{SbCl}_3 = 121,7 + 3 \cdot 35,5 = 228,2 \text{ g/mol}$

Masa molar  $\text{Cl}_2 = 2 \cdot 35,5 = 71,0 \text{ g/mol}$

El número inicial de moles es  $29,9/299,2 = 0,0999 \text{ mol SbCl}_5$

Utilizando la ley de los gases ideales con unidades de Sistema Internacional

$$P_T V_T = n_T R T \Rightarrow n_T = \frac{P_T V_T}{R \cdot T} = \frac{1,56 \cdot 10^5 \cdot 3 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot (273 + 182)} = 0,124 \text{ mol gas}$$

El número total de moles en equilibrio es  $n_T = n_0 - x + x + x = n_0 + x$

$0,124 = 0,0999 + x \rightarrow x = 0,124 - 0,0999 = 0,0241 \text{ mol gas.}$

$[\text{SbCl}_5] = (0,0999 - 0,0241)/3,00 = 0,0253 \text{ M}$

$[\text{SbCl}_3] = [\text{Cl}_2] = 0,0241/3,00 = 0,00803 \text{ M}$

$$\text{b) } K_c = \frac{[\text{SbCl}_3][\text{Cl}_2]}{[\text{SbCl}_5]} = \frac{0,00803^2}{0,0253} = 0,00255 \text{ M}$$

Dado que hemos usado concentraciones molares con volumen en litros, pasamos la constante de los gases ideales a  $\text{atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$  y la presión a atmósferas. Usamos  $\text{J} = \text{Pa} \cdot \text{m}^3$

$$8,31 \frac{\text{Pa} \cdot \text{m}^3}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot \frac{1 \text{ atm}}{101325 \text{ Pa}} \cdot \frac{10^3 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} = 0,0820 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n} = 0,00255 \cdot (0,0820 \cdot (273 + 182))^1 = 0,0951 \text{ atm}$$

$$K_p = K_x P^{\Delta n} \Rightarrow K_x = \frac{K_p}{P^{\Delta n}} = \frac{0,0951}{\left(\frac{1,56 \cdot 10^5}{101325}\right)^1} = 0,0618$$

La constante de equilibrio termodinámica y  $K_x$  no tiene unidades, pero las constantes  $K_c$  y  $K_p$  sí las tienen, asociado a que volúmenes y presiones estén expresadas en ciertas unidades. Podemos calcular las constantes con su propia definición en lugar de con sus relaciones, por ejemplo



$$K_c = \frac{\chi_{SbCl_3} \chi_{Cl_2}}{\chi_{SbCl_5}} = \frac{0,0241 \cdot 0,0241}{0,124 \cdot 0,124} = 0,0618$$

$$= \frac{0,0241}{(0,0999 - 0,0241)} = 0,0618$$

c) Si la mezcla se comprime, según Le Châtelier el equilibrio se desplazará oponiéndose a dicho aumento, que será hacia donde haya menor número de moles gaseosas, en este caso en reactivos. Si planteamos el equilibrio de manera general a partir del número de moles iniciales (da igual cómo se llegue al equilibrio)

$$K_c = \frac{[SbCl_3][Cl_2]}{[SbCl_5]} = \frac{\left(\frac{x}{V}\right)^2}{\frac{(n_0 - x)}{V}}$$

$$0,00255 = \frac{x^2}{1,00 \cdot (0,0999 - x)}$$

$$0,000254745 - 0,00255x = x^2 \Rightarrow x^2 + 0,00255x - 0,000254745 = 0$$

$$x = \frac{-0,00255 \pm \sqrt{0,00255^2 - 4 \cdot 1 \cdot (-0,000254745)}}{2}$$

$$x = \frac{-0,00255 \pm 0,032023}{2} = \frac{-0,0173 \text{ mol gas}}{0,0147 \text{ mol gas}}$$

Vemos que se disocia menos (0,0147 mol gas frente a 0,0241 mol gas), consistente con lo indicado según Le Châtelier.

$$[SbCl_5] = (0,0999 - 0,0147) / 1,00 = 0,0852 \text{ M}$$

$$[SbCl_3] = [Cl_2] = 0,0147 / 1,00 = 0,0147 \text{ M}$$

$$d) \alpha = \frac{x}{n_0} = \frac{0,0147}{0,0999} = 0,147 = 14,7\%$$

$$P_T V_T = n_T R T \Rightarrow P_T = \frac{n_T R \cdot T}{V_T} = \frac{(0,0999 + 0,0147) \cdot 8,31 \cdot (273 + 182)}{1,00 \cdot 10^{-3}} = 4,33 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$