

QUÍMICA

TEMA 5: EQUILIBRIO QUÍMICO

- Junio, Ejercicio C1
- Junio, Ejercicio C1
- Reserva 1, Ejercicio B6
- Reserva 1, Ejercicio C1
- Reserva 2, Ejercicio B6
- Reserva 2, Ejercicio C1
- Reserva 3, Ejercicio C1
- Reserva 4, Ejercicio B2
- Reserva 4, Ejercicio C1
- Julio, Ejercicio C1

emestrada

Dado el siguiente equilibrio:  $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$ .

Se introducen 128 g de  $\text{SO}_2$  y 64 g de  $\text{O}_2$  en un recipiente cerrado de 2 L. Se calienta la mezcla y cuando se ha alcanzado el equilibrio, a  $830^\circ\text{C}$ , ha reaccionado el 80% del  $\text{SO}_2$  inicial.

Calcule:

a) La composición (en moles) de la mezcla en equilibrio y el valor de  $K_c$ .

b) La presión total de la mezcla en el equilibrio y el valor de  $K_p$ .

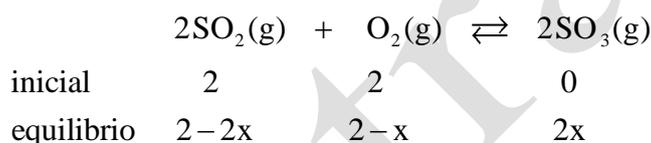
Datos: Masas atómicas: S = 32 ; O = 16. R = 0,082 atm·L·mol<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup>.

QUÍMICA. 2023. JUNIO. EJERCICIO C1

### RESOLUCIÓN

a)

$$\text{moles SO}_2 = \frac{128}{64} = 2 \quad ; \quad \text{moles O}_2 = \frac{64}{32} = 2$$



Si reacciona el 80% del  $\text{SO}_2$ , es decir, 1'6 moles, en el equilibrio quedan 0'4 moles, luego

$$2-2x = 0'4 \Rightarrow x = 0'8$$

Luego:

$$\text{Moles de SO}_2 = 2-2x = 0'4$$

$$\text{Moles de O}_2 = 2-x = 1'2$$

$$\text{Moles de SO}_3 = 2x = 1'6$$

$$K_c = \frac{[\text{SO}_3]^2}{[\text{SO}_2]^2 \cdot [\text{O}_2]} = \frac{\left(\frac{1'6}{2}\right)^2}{\left(\frac{0'4}{2}\right)^2 \cdot \left(\frac{1'2}{2}\right)} = 26'67$$

b) Calculamos la presión total

$$P_T = \frac{n_T \cdot R \cdot T}{V} = \frac{(0'4+1'2+1'6) \cdot 0'082 \cdot 1103}{2} = 144'7 \text{ atm}$$

Calculamos  $K_p$

$$K_p = K_c \cdot (\text{RT})^{\Delta n} = 26'67 \cdot (0'082 \cdot 1103)^{-1} = 0'295$$

La reacción:  $X + 2Y \rightarrow M$ , es de orden dos respecto a Y, de orden cero respecto a X y su constante de velocidad es  $0'053 \text{ mol}^{-1} \cdot \text{L} \cdot \text{s}^{-1}$ . Justifique:

- a) ¿Cuál es el orden total de la reacción?  
b) ¿Cuál es la velocidad si las concentraciones iniciales de X y de Y son  $0'4 \text{ M}$  y  $0'5 \text{ M}$ , respectivamente?  
c) ¿Cómo se modificaría la velocidad si la concentración inicial de X se redujera a la mitad?.

**QUÍMICA. 2023. RESERVA 1. EJERCICIO B6**

### R E S O L U C I Ó N

- a) La ecuación de velocidad es  $v = k \cdot [Y]^2$ . El orden total de la reacción es 2.
- b)  $v = k \cdot [Y]^2 = 0'053 \cdot 0'5^2 = 0'01325 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ .
- c) La concentración de X no afecta a la velocidad, por lo tanto, la velocidad no se modifica.

La constante  $K_p$  es 0'24 para la siguiente reacción en equilibrio a 25°C



En un recipiente de 2 litros en el que se ha hecho el vacío se introducen 2 moles de  $\text{ICl(s)}$ .

Calcule:

a) La concentración de  $\text{Cl}_2$  cuando se alcance el equilibrio.

b) Los gramos de  $\text{ICl}$  quedarán en el equilibrio.

Dato:  $R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ . Masas atómicas:  $\text{I} = 127$  ;  $\text{Cl} = 35,5$

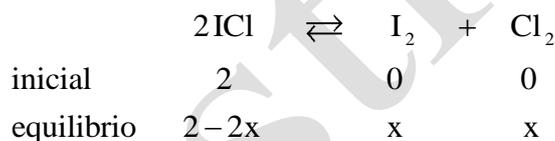
QUÍMICA. 2023. RESERVA 1. EJERCICIO C1

### R E S O L U C I Ó N

a) Calculamos la constante  $K_c$

$$K_c = K_p (RT)^{-\Delta n} = \frac{0'24}{(0'082 \cdot 298)^1} = 9'82 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

El equilibrio es:



Luego:  $K_c = 9'82 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L} = [\text{Cl}_2]$

b)

$$[\text{Cl}_2] = \frac{x}{2} = 9'82 \cdot 10^{-3} \Rightarrow x = 0'0196 \text{ mol}$$

Calculamos los gramos de  $\text{ICl}$  en el equilibrio:

$$2 - 2x = 2 - 2 \cdot 0'0196 = 1'96 \text{ moles} \cdot \frac{162'5 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = 318'5 \text{ g ICl}$$

Para la reacción:  $A(g) + B(g) \rightarrow C(g) + D(g)$ , que no es de orden cero, explique de forma razonada si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:

- a) El reactivo A se consume más rápido que el reactivo B.  
b) A temperatura constante, al aumentar la presión aumenta la velocidad de reacción.  
b) Iniciada la reacción, si la temperatura no cambia, su velocidad se mantendrá constante.

QUÍMICA. 2023. RESERVA 2. EJERCICIO B6

### R E S O L U C I Ó N

a) Falsa. Por definición,  $v = -\frac{d[A]}{dt} = -\frac{d[B]}{dt}$ , por lo tanto, las concentraciones de A y de B cambian a igual velocidad. También por la estequiometría de la reacción, se consume mol a mol, luego, desaparecen a la misma velocidad.

b) Verdadera. Sabemos que:  $[A] = \frac{n_A}{V} = \frac{n_A \cdot P}{n_T \cdot R \cdot T}$ , luego, un aumento de la presión produce un aumento de  $[A]$  y, por lo tanto, un aumento de la velocidad.

c) Falsa. La velocidad depende de la temperatura y de  $[A]$ . Al producirse la reacción, disminuye la  $[A]$  y, por tanto, la velocidad va disminuyendo.

En un recipiente cerrado de 0'5 L, en el que previamente se ha realizado el vacío, se introducen 1 g de  $H_2$  y 1 g de  $H_2S$ . Se eleva la temperatura de la mezcla hasta 1670 K, alcanzándose el equilibrio:  $2H_2S(g) \rightleftharpoons 2H_2(g) + S_2(g)$

En el equilibrio, la fracción molar de  $S_2$  en la mezcla gaseosa es 0'015. Calcule:

- Las presiones parciales de cada especie en el equilibrio
- El valor de  $K_c$  y  $K_p$  a 1670 K.

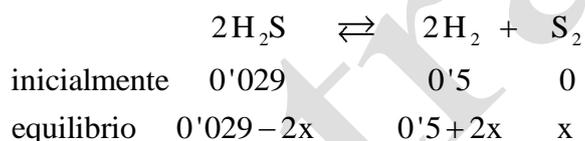
Datos:  $R = 0'082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ . Masas atómicas relativas:  $S = 32$ ;  $H = 1$

**QUÍMICA. 2023. RESERVA 2. EJERCICIO C1**

### RESOLUCIÓN

a)  $1 \text{ g de } H_2 = \frac{1}{2} = 0'5 \text{ de } H_2$

$1 \text{ g de } H_2S = \frac{1}{34} = 0'029 \text{ moles de } H_2S$



El nº total de moles será:  $n_T = 0'529 + x$

$$X_{S_2} = \frac{x}{0'529 + x} = 0'015 \Rightarrow x = 8'05 \cdot 10^{-3}$$

Calculamos la presión total

$$P_T \cdot V = n_T \cdot R \cdot T \Rightarrow P_T \cdot 0'5 = (0'529 + 8'05 \cdot 10^{-3}) \cdot 0'082 \cdot 1670 \Rightarrow P_T = 147'09 \text{ atm}$$

Calculamos las presiones parciales

$$P_{H_2S} = \frac{0'029 - 2 \cdot 8'05 \cdot 10^{-3}}{0'529 + 8'05 \cdot 10^{-3}} \cdot 147'09 = 3'53 \text{ atm}$$

$$P_{H_2} = \frac{0'5 + 2 \cdot 8'05 \cdot 10^{-3}}{0'529 + 8'05 \cdot 10^{-3}} \cdot 147'09 = 141'36 \text{ atm}$$

$$P_{S_2} = 0'015 \cdot 147'09 = 2'20 \text{ atm}$$

b) Calculamos las constantes

$$K_p = \frac{P_{H_2}^2 \cdot P_{S_2}}{P_{H_2S}^2} = \frac{141'36^2 \cdot 2'2}{3'53^2} \approx 3528$$

$$K_c = K_p \cdot (RT)^{-\Delta n} = 3528 \cdot (0'082 \cdot 1670)^{-1} = 25'76$$

A 200°C y presión de 1 atm, el  $\text{PCl}_5$  se disocia en  $\text{PCl}_3$  y  $\text{Cl}_2$ , en un 48,5%, según el siguiente equilibrio:  $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$

a) Las fracciones molares de todas las especies en el equilibrio.

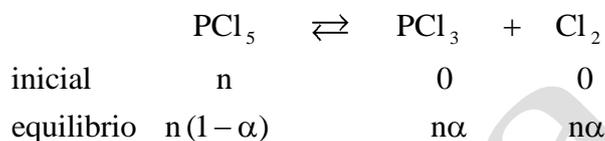
b)  $K_c$  y  $K_p$ .

Dato:  $R = 0'082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ .

**QUÍMICA. 2023. RESERVA 3. EJERCICIO C1**

### RESOLUCIÓN

a)



El número total de moles es:  $n_T = n(1-\alpha) + n\alpha + n\alpha = n(1+\alpha)$ .

$$X_{\text{PCl}_3} = X_{\text{Cl}_2} = \frac{n \cdot \alpha}{n \cdot (1+\alpha)} = \frac{\alpha}{(1+\alpha)} = \frac{0'485}{1'485} = 0'327$$

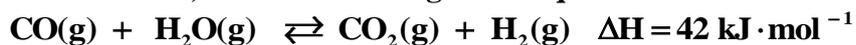
$$X_{\text{PCl}_5} = \frac{n \cdot (1-\alpha)}{n \cdot (1+\alpha)} = \frac{(1-\alpha)}{(1+\alpha)} = \frac{0'515}{1'485} = 0'347$$

b)

$$K_p = \frac{\left( \frac{n\alpha}{n(1+\alpha)} P_T \right) \cdot \left( \frac{n\alpha}{n(1+\alpha)} P_T \right)}{\left( \frac{n(1-\alpha)}{n(1+\alpha)} P_T \right)} = \frac{\alpha^2 \cdot P_T}{1-\alpha^2} = \frac{0'485^2 \cdot 1}{1-0'485^2} = 0'307$$

$$K_c = K_p (RT)^{-\Delta n} = 0'307 \cdot (0'082 \cdot 473)^{-1} = 7'92 \cdot 10^{-3}$$

En un reactor de 1 L a 1000 K, se establece el siguiente equilibrio:



Explique si la cantidad de  $\text{H}_2$  aumenta, disminuye o permanece constante:

- Tras la adición de catalizador.
- Al aumentar la temperatura.
- Al transferir la mezcla a un reactor de 10 L a temperatura constante.

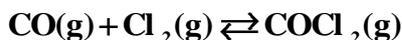
**QUÍMICA. 2023. RESERVA 4. EJERCICIO B2**

## R E S O L U C I Ó N

El principio de Le Chatelier dice que: “Si sobre un sistema en equilibrio se introduce una modificación, el sistema evolucionará en el sentido en que se oponga a tal cambio”.

- Al añadir un catalizador la reacción transcurrirá más rápidamente, pero el equilibrio no se modifica. Permanece constante la cantidad de hidrógeno.
- Como la reacción es endotérmica, al elevar la temperatura, el sistema evolucionará en el sentido en que se absorba calor, es decir, en que sea endotérmica, con lo cual aumenta la cantidad de hidrógeno.
- Al aumentar el volumen del recipiente, la presión disminuye. Por lo tanto, el equilibrio se desplaza en el sentido que sea mayor el número de moles, pero en este equilibrio los moles de reactivos y productos son los mismos, con lo cual no afecta al equilibrio. Permanece constante la cantidad de hidrógeno.

En un matraz de 1'75 L, en el que previamente se ha hecho el vacío, se introducen 0'1 mol de CO y 1 mol de COCl<sub>2</sub>. A continuación se establece el siguiente equilibrio a 668 K:



Si en el equilibrio la presión parcial de Cl<sub>2</sub> es 10 atm, calcule:

a) Las presiones parciales de CO y COCl<sub>2</sub> en el equilibrio.

b) Los valores de K<sub>c</sub> y K<sub>p</sub> para la reacción a 668 K

Datos: R = 0'082 atm · L · mol<sup>-1</sup> · K<sup>-1</sup>.

**QUÍMICA. 2023. RESERVA 4. EJERCICIO C1**

### R E S O L U C I Ó N

a)

	CO(g)	+ Cl <sub>2</sub> (g)	⇌	COCl <sub>2</sub> (g)
inicialmente	0'1	0		1
equilibrio	0'1+x	x		1-x

El nº total de moles será: n<sub>T</sub> = 1'1 + x

$$P_{\text{Cl}_2} \cdot V = n_{\text{Cl}_2} \cdot R \cdot T \Rightarrow 10 \cdot 1'75 = x \cdot 0'082 \cdot 668 \Rightarrow x = 0'319$$

Calculamos la presión total

$$P_T \cdot V = n_T \cdot R \cdot T \Rightarrow P_T \cdot 1'75 = (1'1 + 0'319) \cdot 0'082 \cdot 668 \Rightarrow P_T = 44'42 \text{ atm}$$

Calculamos las presiones parciales

$$P_{\text{CO}} = \frac{0'1 + 0'319}{1'1 + 0'319} \cdot 44'42 = 13'12 \text{ atm}$$

$$P_{\text{COCl}_2} = \frac{1 - 0'319}{1'419} \cdot 44'42 = 21'32 \text{ atm}$$

b) Calculamos las constantes

$$K_p = \frac{P_{\text{COCl}_2}}{P_{\text{CO}} \cdot P_{\text{Cl}_2}} = \frac{21'32}{13'12 \cdot 10} = 0'16$$

$$K_c = K_p \cdot (RT)^{-\Delta n} = 0'16 \cdot (0'082 \cdot 668)^1 = 8'76$$

**Justifique si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:**

- a) En una reacción entre gases del tipo:  $A(g) + 2B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$ ; los valores de  $K_c$  y  $K_p$  son iguales.
- b) Para una reacción endotérmica en equilibrio, se produce un incremento de la cantidad de productos al aumentar la temperatura.
- c) Cuando una mezcla de reacción alcanza el equilibrio la formación de productos se detiene.

**QUÍMICA. 2023. JULIO. EJERCICIO B2**

## R E S O L U C I Ó N

- a) Falsa. La relación entre  $K_c$  y  $K_p$  es:  $K_c = K_p (RT)^{-\Delta n}$  y en nuestro caso  $\Delta n = 2 - 3 = -1$ , por lo tanto,  $K_c = K_p (RT)$
- b) Verdadera. El aumento de temperatura favorece la reacción endotérmica, por lo tanto, se produce un incremento en la cantidad de productos.
- c) Falsa. La formación de productos no se detiene. Al llegar al equilibrio químico se igualan las velocidades de la reacción directa e inversa.

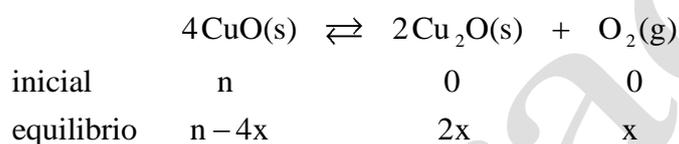
En un recipiente de 2 L se introducen 4,90 g de CuO y se calienta hasta 1025°C, alcanzándose el equilibrio siguiente:  $4\text{CuO(s)} \rightleftharpoons 2\text{Cu}_2\text{O(s)} + \text{O}_2\text{(g)}$  Si la presión total en el equilibrio es de 0,5 atm, calcule:

- a) Los moles de  $\text{O}_2$  que se han formado y la cantidad de CuO que queda sin descomponer.  
b) Las constantes  $K_p$  y  $K_c$  a esa temperatura.

Datos:  $R = 0'082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ . Masas atómicas relativas  $\text{O} = 16$  ;  $\text{Cu} = 63,5$   
**QUÍMICA. 2023. JULIO. EJERCICIO C1**

### R E S O L U C I Ó N

a)



$$P_T = P_{\text{O}_2} = 0'5 \Rightarrow n_{\text{O}_2} = \frac{PV}{RT} = \frac{0'5 \cdot 2}{0'082 \cdot 1298} = 9'39 \cdot 10^{-3}$$

Cantidad de CuO sin descomponer:

$$n - 4x = \frac{4'9}{79'5} - 4 \cdot 9'39 \cdot 10^{-3} = 0'024 \text{ moles} = 0'024 \cdot 79'5 = 1'91 \text{ g CuO}$$

b) Calculamos las constantes

$$K_p = P_{\text{O}_2} = 0'5$$

$$K_c = [\text{O}_2] = \frac{9'39 \cdot 10^{-3}}{2} = 4'69 \cdot 10^{-3}$$