

## QUÍMICA

### TEMA 5: EQUILIBRIO QUÍMICO

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

emestrada

La reacción:  $A + B \rightarrow C + D$  es de primer orden con respecto a A y de segundo orden con respecto a B.

a) Escriba la ecuación de velocidad de dicha reacción.

b) Determine el orden total de la reacción.

b) Deduzca las unidades de la constante de velocidad.

QUÍMICA. 2022. JUNIO. EJERCICIO B2

### R E S O L U C I Ó N

a) La ecuación de velocidad es:  $v = k \cdot [A] \cdot [B]^2$

b) El orden total de la reacción es la suma de los exponentes a los que están elevadas las concentraciones de los reactivos en la ecuación de velocidad, es decir, 3.

c)

$$k = \frac{v}{[A] \cdot [B]^2} = \frac{\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}}{\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{mol}^2 \cdot \text{L}^{-2}} = \text{mol}^{-2} \cdot \text{L}^2 \cdot \text{s}^{-1}$$

En un matraz de 5 L se introducen 14'5 g de yoduro de amonio ( $\text{NH}_4\text{I}$ ) sólido. Cuando se calienta a 650 K se descompone según la ecuación:



Calcule una vez alcanzado el equilibrio:

a) El valor de  $K_p$  a 650 K y la presión total dentro del matraz.

b) Los moles de  $\text{NH}_4\text{I}$  que quedan en el matraz.

Datos:  $R = 0'082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ . Masas atómicas:  $\text{H} = 1$ ;  $\text{N} = 14$ ;  $\text{I} = 127$ .

QUÍMICA. 2022. JUNIO. EJERCICIO C1

### R E S O L U C I Ó N

a)

$$K_p = K_c \cdot (RT)^{\Delta n} = 7'6 \cdot 10^{-5} \cdot (0'082 \cdot 650)^2 = 0'216$$

Cuando se llegue al equilibrio se habrá producido la misma cantidad de amoníaco que de yoduro de hidrógeno, de forma que sus presiones parciales serán las mismas.

$$K_p = P_{\text{NH}_3} \cdot P_{\text{HI}} = (P_{\text{NH}_3})^2 = 0'216 \Rightarrow P_{\text{NH}_3} = \sqrt{0'216} = 0'464$$

$$P_T = P_{\text{NH}_3} + P_{\text{HI}} = 0'464 + 0'464 = 0'928 \text{ at}$$

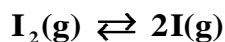
b) Conociendo la presión de cualquiera de los dos gases, podemos calcular el número de moles que hay del mismo en el equilibrio, que será también el número de moles que se han disociado de yoduro amónico. Si se le restan a los que inicialmente había, podremos saber los que quedan sin descomponer.

$$0'464 \cdot 5 = n \cdot 0'082 \cdot 650 \Rightarrow n = \frac{0'464 \cdot 5}{0'082 \cdot 650} = 0'043 \text{ moles}$$

$$\text{Moles iniciales de } \text{NH}_4\text{I} \Rightarrow n = \frac{14'5}{145} = 0'1 \text{ moles}$$

$$\text{Moles que quedan sin descomponer de } \text{NH}_4\text{I} \Rightarrow 0'1 - 0'043 = 0'057 \text{ moles}$$

Se introducen 0'035 moles de  $I_2$  en un recipiente de 2 L, se cierra y se calienta a 1000 K. En estas condiciones, el  $I_2$  gaseoso se encuentra en equilibrio según la siguiente ecuación:



Si la presión total que se alcanza en el equilibrio es de 1'69 atm, calcule:

a) Las concentraciones de las especies en el equilibrio y el grado de disociación del  $I_2$ .

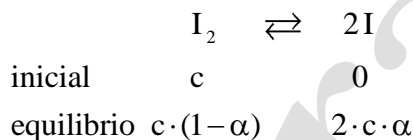
b) Los valores de  $K_c$  y  $K_p$ .

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

QUÍMICA. 2022. RESERVA 1. EJERCICIO C1

### RESOLUCIÓN

a)



moles totales en el equilibrio:  $c \cdot (1 + \alpha)$

$$P_T = \frac{n \cdot (1 + \alpha) \cdot R \cdot T}{V} = c \cdot (1 + \alpha) \cdot R \cdot T \Rightarrow 1'69 = \frac{0'035}{2} \cdot (1 + \alpha) \cdot 0'082 \cdot 1000 \Rightarrow \alpha = 0'1777 = 17'77\%$$

$$[I_2] = c \cdot (1 - \alpha) = \frac{0'035}{2} (1 - 0'1777) = 0'0144 \text{ M}$$

$$[I] = 2 \cdot c \cdot \alpha = 2 \cdot \frac{0'035}{2} \cdot 0'1777 = 6'21 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

b) Calculamos las constantes

$$K_c = \frac{[I]^2}{[I_2]} = \frac{(6'21 \cdot 10^{-3})^2}{0'0144} = 2'67 \cdot 10^{-3}$$

$$K_p = K_c \cdot (RT)^{\Delta n} = 2'67 \cdot 10^{-3} \cdot (0'082 \cdot 1000)^1 = 0'219$$

El denominado gas de síntesis ( $\text{CO}$  y  $\text{H}_2$ ) posee muchas aplicaciones en la industria química y puede obtenerse mediante la siguiente reacción:



Justifique si las siguientes actuaciones mejorarían el rendimiento de la obtención de gas de síntesis:

- Aumentar la temperatura a volumen constante.
- Aumentar la concentración de vapor de agua.
- Disminuir el volumen del reactor a temperatura constante.

**QUÍMICA. 2022. RESERVA 2. EJERCICIO B2**

## R E S O L U C I Ó N

Principio de Le Chatelier: Un cambio o perturbación en cualquiera de las variables que determinan el estado de equilibrio químico, produce un desplazamiento del equilibrio en el sentido de contrarrestar el efecto causado por la perturbación.

- El aumento de temperatura favorece la reacción endotérmica. En nuestro caso el equilibrio se desplaza hacia la derecha y mejora el rendimiento de la obtención de gas de síntesis.
- Si aumentamos la concentración de algún reactivo, el equilibrio se desplaza hacia la derecha. En nuestro caso al aumentar la concentración de vapor de agua, el equilibrio se desplaza hacia la derecha y mejora el rendimiento de la obtención de gas de síntesis.
- Al disminuir el volumen, la presión aumenta, con lo cual el equilibrio se desplaza en el sentido donde haya menos moles. En nuestro caso el equilibrio se desplaza hacia la izquierda y disminuye el rendimiento de la obtención del gas de síntesis.

En la reacción:  $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$  a  $300^\circ\text{C}$ , las concentraciones de  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2$  y  $\text{NH}_3$  en el equilibrio son, respectivamente,  $0'076 \text{ M}$ ,  $0'228 \text{ M}$  y  $0'084 \text{ M}$ .

a) Si la concentración inicial de  $\text{NH}_3$  es cero, calcule las concentraciones iniciales de  $\text{N}_2$  y  $\text{H}_2$ .

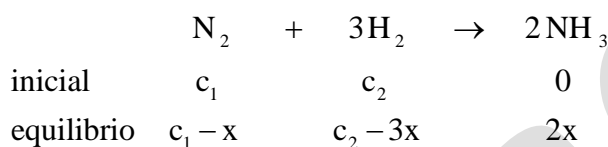
b) Calcule el valor de  $K_p$  y la presión total en el equilibrio, sabiendo que el volumen del recipiente de reacción es de  $2 \text{ L}$ .

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

**QUÍMICA. 2022. RESERVA 2. EJERCICIO C1**

### R E S O L U C I Ó N

a)



$[\text{NH}_3]_{\text{equil}} = 2x = 0'084 \Rightarrow x = 0'042 \text{ M}$ , con lo cual:

$$[\text{N}_2]_{\text{equil}} = c_1 - x = 0'076 \Rightarrow c_1 = 0'076 + 0'042 = 0'118 \text{ M}$$

$$[\text{H}_2]_{\text{equil}} = c_2 - 3x = 0'228 \Rightarrow c_2 = 0'228 + 3 \cdot 0'042 = 0'354 \text{ M}$$

b) Aplicamos las fórmulas para calcular las constantes

$$K_c = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2] \cdot [\text{H}_2]^3} = \frac{(0'084)^2}{(0'076) \cdot (0'228)^3} = 7'83$$

$$K_p = K_c \cdot (R \cdot T)^{\Delta n} = 7'83 \cdot (0'082 \cdot 573)^{-2} = 3'54 \cdot 10^{-3}$$

Calculamos los moles en el equilibrio de cada sustancia:

$$[\text{NH}_3]_{\text{equil}} = 0'084 = \frac{\text{moles}}{V} \Rightarrow \text{moles NH}_3 = 2 \cdot 0'084 = 0'168$$

$$[\text{N}_2]_{\text{equil}} = 0'076 = \frac{\text{moles}}{V} \Rightarrow \text{moles N}_2 = 2 \cdot 0'076 = 0'152$$

$$[\text{H}_2]_{\text{equil}} = 0'228 = \frac{\text{moles}}{V} \Rightarrow \text{moles H}_2 = 2 \cdot 0'228 = 0'456$$

Los moles totales son:  $n_T = 0'168 + 0'152 + 0'456 = 0'776$

$$\text{Luego: } P_T = \frac{n_T \cdot R \cdot T}{V} = \frac{0'776 \cdot 0'082 \cdot 573}{2} = 18'23 \text{ atm}$$

**El hidrogenocarbonato de sodio se descompone según el equilibrio:**



- a) **Escriba la expresión de la constante de equilibrio  $K_p$ .**
- b) **Justifique cómo afecta al equilibrio la adición de  $\text{NaHCO}_3$ .**
- c) **El hidrogenocarbonato de sodio se usa como impulsor en repostería, ya que las burbujas de  $\text{CO}_2$  hacen que suba la masa y sea más esponjosa. Justifique si horneando la masa a mayor temperatura obtendremos un bizcocho más esponjoso.**
- QUÍMICA. 2022. RESERVA 3. EJERCICIO B2**

### R E S O L U C I Ó N

a)  $K_p = P_{\text{H}_2\text{O}} \cdot P_{\text{CO}_2}$

b) No afecta al equilibrio, ya que es un sólido.

c) El aumento de temperatura favorece la reacción endotérmica. Luego, si aumentamos la temperatura el equilibrio se desplaza hacia la derecha produciendo más  $\text{CO}_2$ , con lo cual el bizcocho será más esponjoso.

Las erupciones volcánicas emiten dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) que en contacto con el oxígeno de la atmósfera da lugar a trióxido de azufre ( $\text{SO}_3$ ), uno de los gases de la lluvia ácida, estableciéndose el siguiente equilibrio:  $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$

Se ha realizado un experimento en el laboratorio, introduciendo 0'015 moles de  $\text{SO}_2$  y el mismo número de moles de  $\text{O}_2$  en un matraz de 100 mL. Después de calentarlo a 1000 K, la concentración de  $\text{SO}_3$  en el equilibrio es de 0'024 M. Calcule:

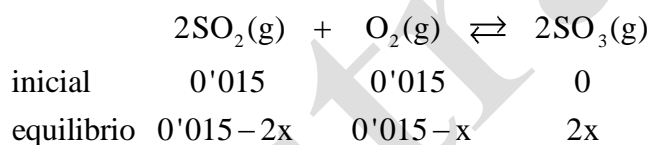
- a) La constante  $K_c$  a 1000 K y la fracción molar de  $\text{SO}_3$ .  
b) La presión en el interior del recipiente y el valor de  $K_p$  a 1000 K.

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

QUÍMICA. 2022. RESERVA 3. EJERCICIO C1

### RESOLUCIÓN

a)



Sabemos que:  $\frac{2x}{0'1} = 0'024 \Rightarrow x = 1'2 \cdot 10^{-3}$

Calculamos la constante de equilibrio

$$K_c = \frac{[\text{SO}_3]^2}{[\text{SO}_2]^2 \cdot [\text{O}_2]} = \frac{\left(\frac{2 \cdot 1'2 \cdot 10^{-3}}{0'1}\right)^2}{\left(\frac{0'015 - 2 \cdot 1'2 \cdot 10^{-3}}{0'1}\right)^2 \cdot \left(\frac{0'015 - 1'2 \cdot 10^{-3}}{0'1}\right)} = \frac{5'76 \cdot 10^{-4}}{0'015876 \cdot 0'138} = 0'263$$

Moles totales:  $0'015 - 2x + 0'015 - x + 2x = 0'03 - x = 0'03 - 1'2 \cdot 10^{-3} = 0'0288$

Calculamos la fracción molar:  $X_{\text{SO}_3} = \frac{\text{moles SO}_3}{\text{moles totales}} = \frac{2 \cdot 1'2 \cdot 10^{-3}}{0'0288} = 0'083$

b) Calculamos la presión y  $K_p$ :

$$P = \frac{n_T \cdot R \cdot T}{V} = \frac{0'0288 \cdot 0'082 \cdot 1000}{0'1} = 23'62 \text{ atm}$$

$$K_p = K_c \cdot (RT)^{\Delta n} = 0'263 \cdot (0'082 \cdot 1000)^{-1} = 3'2 \cdot 10^{-3}$$



A una cierta temperatura, la velocidad de la reacción  $A(g) \rightarrow B(g)$  es  $0'020 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$  cuando la concentración de A es  $0'10 \text{ M}$ . Sabiendo que se trata de una reacción de segundo orden con respecto a A:

a) Escriba la ecuación de velocidad de dicha reacción.

b) Calcule el valor de su constante de velocidad, indicando las unidades de esta.

c) Indique tres factores que pueden modificar la velocidad de la reacción.

**QUÍMICA. 2022. RESERVA 4. B6**

## R E S O L U C I Ó N

a) La ecuación de velocidad es  $v = k \cdot [A]^2$ .

$$b) v = k \cdot [A]^2 \Rightarrow k = \frac{v}{[A]^2} = \frac{0'020 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}}{(0'1)^2 \text{ mol}^2 \cdot \text{L}^{-2}} = 2 \text{ mol}^{-1} \cdot \text{L} \cdot \text{s}^{-1}.$$

c) 1) Concentración de los reactivos: en general, la velocidad de reacción aumenta al elevar la concentración de los reactivos

2) Naturaleza, estado físico y grado de división de los reactivos: a temperatura ordinaria, las reacciones que no implican un reajuste de enlaces, suelen ser muy rápidas (reacciones entre iones), pero si se requiere la ruptura y formación de varios enlaces, las reacciones suelen ser muy lentas.

Las reacciones entre gases suelen ser más rápidas que entre líquidos y que entre sólidos, que suelen ser más lentas.

Un aumento de la presión total sobre la mezcla aumenta la velocidad de reacción, ya que a mayor presión el volumen disminuye y aumenta el número de choques.

En el caso de los sólidos la velocidad aumenta con el grado de división ya que aumenta la superficie de contacto y, por lo tanto, el número de choques.

3) Temperatura: En general, la velocidad aumenta con la temperatura, ya que aumenta la energía cinética de las moléculas y, por lo tanto, el número de choques.

La ecuación de Arrhenius nos da la relación entre la velocidad de reacción y la temperatura

$$k = A \cdot e^{-\frac{E_a}{R \cdot T}}$$

k = constante de velocidad

A = factor que refleja la frecuencia de las colisiones

$E_a$  = Energía de activación

R = constante de los gases ideales ( $8'31 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ )

Cuánto menor sea la energía de activación y mayor la temperatura, mayor es la constante de velocidad.

4) Catalizadores: Un catalizador es una sustancia que modifica la velocidad de la reacción sin consumirse durante el proceso.

Catalizadores positivos: aumentan la velocidad de reacción

Catalizadores negativos: disminuyen la velocidad de reacción

Lo que hace el catalizador es disminuir o aumentar la energía de activación, según que sea positivo o negativo.

En un recipiente de 2 L se introducen 1 g de carbono sólido y 0'1 mol de dióxido de carbono gaseoso. Cuando se calienta a 200°C se obtiene monóxido de carbono gaseoso, según la siguiente ecuación:  $C(s) + CO_2(g) \rightleftharpoons 2CO(g)$   $K_c = 0'036$

Calcule:

a) Los moles de  $CO_2$  y  $CO$  en el equilibrio.

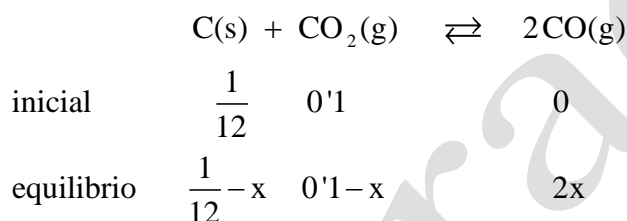
b) La presión total y la masa de C que no reacciona.

Datos:  $R = 0'082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ . Masa atómica relativa:  $C = 12$

QUÍMICA. 2022. RESERVA 4. EJERCICIO C1

### R E S O L U C I Ó N

a)



$$K_c = \frac{[CO]^2}{[CO_2]} = \frac{\left(\frac{2x}{2}\right)^2}{\left(\frac{0'1-x}{2}\right)} = \frac{x^2}{\frac{0'1-x}{2}} = \frac{2x^2}{0'1-x} = 0'036 \Rightarrow 2x^2 + 0'036x - 0'0036 = 0 \Rightarrow x = 0'034$$

$$\text{Moles } CO_2 = 0'1 - 0'034 = 0'066$$

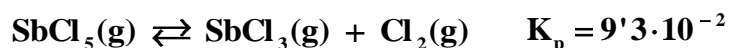
$$\text{Moles } CO = 2 \cdot 0'034 = 0'068$$

b) Aplicamos la fórmula:  $P \cdot V = n \cdot R \cdot T \Rightarrow P = \frac{(0'066 + 0'068) \cdot 0'082 \cdot 473}{2} = 2'598 \text{ atm}$

$$\text{moles de C en el equilibrio} = \frac{1}{12} - 0'034 = 0'049 \Rightarrow 0'049 \cdot 12 = 0'592 \text{ g de C}$$

Luego, no reaccionan  $1 - 0'592 = 0'408 \text{ g de C}$

El  $\text{SbCl}_5$  se descompone en un 6'8 % a  $190^\circ\text{C}$  de acuerdo con la reacción:



Se introduce una cantidad de  $\text{SbCl}_5$  en un recipiente de 0'5 L y se calienta a  $190^\circ\text{C}$ . Calcular:

a) La masa en gramos de  $\text{SbCl}_5$  inicial.

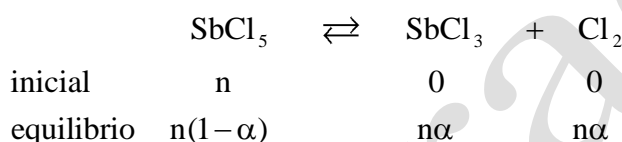
b) Las presiones parciales de cada especie y la presión total en el equilibrio

Masas atómicas:  $\text{Sb} = 121'8$  ;  $\text{Cl} = 35'5$

QUÍMICA. 2022. JULIO. EJERCICIO C1

### R E S O L U C I Ó N

a y b)



Moles totales en el equilibrio:  $n(1-\alpha) + n\alpha + n\alpha = n(1+\alpha)$

$$K_p = 9'3 \cdot 10^{-2} = \frac{P_{\text{SbCl}_3} \cdot P_{\text{Cl}_2}}{P_{\text{SbCl}_5}} = \frac{\frac{n\alpha}{n(1+\alpha)} P_T \cdot \frac{n\alpha}{n(1+\alpha)} P_T}{\frac{n(1-\alpha)}{n(1+\alpha)} P_T} = \frac{\alpha^2}{(1+\alpha)^2} P_T = \frac{\alpha^2 \cdot P_T}{1-\alpha^2} = \frac{0'068^2 \cdot P_T}{1-0'068^2} \Rightarrow P_T = 20 \text{ atm}$$

$$P_T \cdot V = n_T \cdot R \cdot T \Rightarrow 20 \cdot 0'5 = n(1+0'068) \cdot 0'082 \cdot 463 \Rightarrow n = 0'247 \text{ moles} = 0'246 \cdot 299'3 = 73'92 \text{ g}$$

Luego, las presiones en el equilibrio son:

$$P_{\text{SbCl}_3} = P_{\text{Cl}_2} = \frac{n\alpha}{n(1+\alpha)} P_T = \frac{\alpha}{(1+\alpha)} P_T = \frac{0'068 \cdot 20}{1+0'068} = 1'27 \text{ atm}$$

$$P_{\text{SbCl}_5} = \frac{n(1-\alpha)}{n(1+\alpha)} P_T = \frac{(1-\alpha)}{(1+\alpha)} P_T = \frac{(1-0'068) \cdot 20}{(1+0'068)} = 17'45 \text{ atm}$$