

$$1.2. 20 \cdot 10^{-3} \text{ L disolución} \frac{0,8 \text{ mol BaCl}_2}{1 \text{ L disolución}} = 0,016 \text{ mol BaCl}_2$$

$$0,016 \text{ mol de BaCl}_2 \frac{1 \text{ mol SO}_4^{2-}}{1 \text{ mol BaCl}_2} \cdot \frac{1 \text{ mol SO}_4^{2-}}{1 \text{ mol Na}_2\text{SO}_4} = 0,016 \text{ mol SO}_4^{2-}$$

$$\frac{0,016 \text{ mol SO}_4^{2-}}{0,05 \text{ L}} = 0,32 \text{ M} \frac{96,06 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = 30,7 \text{ g/L} \Rightarrow \text{LA CANTIDAD DE LA MUESTRA ES MUY ALTA!}$$

1.3

Para separar o precipitado formado de AgCl prepárase unha montaxe para a filtración por gravidade: en primeiro lugar colocamos o funil cónico, suxeitado ao soporte por medio dun aro e debaixo do funil, un matraz Erlenmeyer. A continuación, recórtase o papel de filtro en forma cónica e colócase no funil, humedecéndoo cunha pouca auga para que quede adherido. Vértese a mestura que contén o precipitado a separar sobre o funil, quedando dito precipitado sobre o papel de filtro. Unha vez depositado todo o precipitado sobre o papel de filtro, retírase o papel de filtro e déixase secar o tempo necesario.

Tamén se daría por correcta a separación por filtración a baleiro.

2.1

Ajustamos la ecuación



Partimos de la tabla de equilibrio

|                           | NaHCO <sub>3</sub> | Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> | CO <sub>2</sub> | H <sub>2</sub> O |
|---------------------------|--------------------|---------------------------------|-----------------|------------------|
| n <sub>inicial</sub>      | n                  | —                               | —               | —                |
| n <sub>transformado</sub> | −2x                | —                               | —               | —                |
| n <sub>formado</sub>      | —                  | x                               | x               | x                |
| n <sub>equilibrio</sub>   | n−2x               | x                               | x               | x                |

La presión solamente la ejercen los compuestos gaseosos CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O. Aplicamos la ecuación de los gases ideales.

$$n_{\text{CO}_2} + n_{\text{H}_2\text{O}} = x + x = 2x \xrightarrow{P \cdot V = n \cdot R \cdot T} n = 2x = \frac{7,8 \text{ atm} \cdot 4 \text{ L}}{0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot (170 + 273,15) \text{ K}} = 0,859 \text{ moles}$$

$$n_{\text{CO}_2} = n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{0,859 \text{ moles}}{2} = 0,429 \text{ moles}$$

$$0,429 \text{ moles CO}_2 \cdot \frac{2 \text{ moles NaHCO}_3}{1 \text{ mol CO}_2} \cdot \frac{84,01 \text{ g}}{1 \text{ mol NaHCO}_3} = 72,08 \text{ g NaHCO}_3 (\text{reaccionaron})$$

$$80,00 \text{ g NaHCO}_3 (\text{iniciales}) - 72,08 \text{ g NaHCO}_3 (\text{reaccionaron}) = 7,92 \text{ g NaHCO}_3 (\text{quedan sin reaccionar})$$

## 2.2

Según la estequiometría de la reacción, las cantidades y las presiones parciales de  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$  en el equilibrio son iguales; y de acuerdo con la ley de Dalton de las presiones parciales.

$$\left. \begin{array}{l} p_{\text{CO}_2} + p_{\text{H}_2\text{O}} = p_{\text{TOTAL}} \\ p_{\text{CO}_2} = p_{\text{H}_2\text{O}} \end{array} \right\} \rightarrow p_{\text{CO}_2} = p_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{p_{\text{TOTAL}}}{2} = \frac{7,8}{2} = 3,9 \text{ atm}$$

Se trata de un equilibrio heterogéneo y la expresión de la constante  $K_p$  es:

$$K_p = (p_{\text{CO}_2}) \cdot (p_{\text{H}_2\text{O}}) = (3,9 \text{ atm})^2 = 15,2$$

La relación entre las constantes  $K_c$  y  $K_p$  viene dada por la expresión:

$$K_p = K_c \cdot (RT)^{\Delta v} \rightarrow \Delta v = 2 - 0 = 2$$

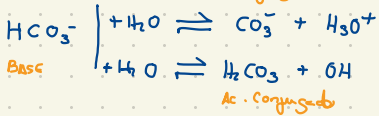
$\Delta v = \Sigma \text{coef. esteq. productos gaseosos} - \Sigma \text{coef. esteq. reactivos gaseosos}$

$$K_c = K_p \cdot (RT)^{-\Delta v} \Rightarrow K_c = 15,2 \cdot (0,082 \cdot (170 + 273,15))^{-2} = 0,0115$$

## 2.3.1

Ac.

Base  
conjugada



Base

Ac. conjugado

COMPORTEAMIENTO AC

"

BÁSICO

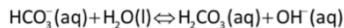
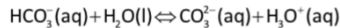
ANFÓTERO

## 2.3.2

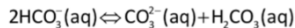
El hidrogenocarbonato de sodio,  $\text{NaHCO}_3$ , en disolución acuosa se encuentra disociado según la ecuación.



El ion  $\text{Na}^+$  es la especie conjugada de una base fuerte y no se hidroliza. El ion  $\text{HCO}_3^-$ , es la base conjugada débil del ácido débil  $\text{H}_2\text{CO}_3$ , pero también es el ácido conjugado débil de la base débil  $\text{CO}_3^{2-}$ . Se trata de un anfótero que se comporta como ácido y como base de acuerdo con las siguientes ecuaciones:



Sumando ambas ecuaciones y teniendo en cuenta que los iones  $\text{H}_3\text{O}^+$  y  $\text{OH}^-$  formados se neutralizan entre sí:



La expresión de las constantes de acidez y basicidad (hidrólisis) de ambas reacciones es:

$$\left. \begin{array}{l} K_{a1} = \frac{[\text{CO}_3^{2-}] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HCO}_3^-]} \\ K_h = \frac{K_w}{K_{a2}} = \frac{[\text{H}_2\text{CO}_3] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{HCO}_3^-]} \end{array} \right\} \rightarrow K_{a1} \cdot K_{a2} = [\text{H}_3\text{O}^+]^2$$

Aplicando logaritmos y multiplicando por  $-1$  se obtiene que el pH de la disolución es:

$$\text{pH} = \frac{1}{2}(\text{p}K_{a1} + \text{p}K_{a2}) = \frac{1}{2}(6,4 + 10,3) = 8,3 > 7 (\text{básico})$$

3. La “Feira do Cocido de Lalín” es una fiesta gastronómica que se celebra cada año, el domingo antes de carnavales. Declarada como **Fiesta de Interés Turístico Internacional**, este año no se ha podido celebrar debido a las restricciones por la incidencia de la pandemia.



- 3.1 (10 puntos) Tanto la carne de cerdo como los grelos (Brassica rapa), principales ingredientes de este plato, son fuente de vitamina B<sub>3</sub> (niacina). La niacina o ácido nicotínico, HC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub>N, es importante para el desarrollo y la función de las células en el organismo. Este último también puede producir niacina a partir del triptófano, un aminoácido en las proteínas. Centrándonos en los grelos (Brassica rapa), la composición nutricional de los grelos nos indica que nuestro cuerpo obtiene 1,1 mg de niacina en cada 100 g de materia fresca, tanto directamente como a través de triptófano. Podría calcular el número de moles de niacina que obtendríamos a partir de una tonelada de grelos.

Nos indica que por cada 100 g de materia fresca, obtenemos 1,1 mg de niacina

$$PM_{\text{HC}_6\text{H}_4\text{O}_2\text{N}} = 5 \cdot 1,01 + 6 \cdot 12,01 + 2 \cdot 16,00 + 1 \cdot 14,01 = 123,12 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

Entonces

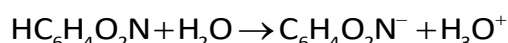
$$\frac{1,1 \text{ mg HC}_6\text{H}_4\text{O}_2\text{N}}{100 \text{ g materia fresca}} \cdot \frac{10^{-3} \text{ g}}{1 \text{ mg}} \cdot \frac{10^6 \text{ g materia fresca}}{1 \text{ Tm grelos}} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{123,12 \text{ g}} = 0,089 \text{ moles de HC}_6\text{H}_4\text{O}_2\text{N}$$

- 3.2 (30 puntos) La niacina es un ácido monoprótico (ácido nicotínico), HNic, ( $K_a = 1,4 \cdot 10^{-5}$ ). Si con la cantidad de dicho ácido, obtenida en el apartado anterior, preparamos una disolución de medio litro, utilizando como disolvente agua destilada. Calcule el grado de disociación del ácido y el pH de dicha disolución resultante.

Calculamos los resultados a partir del apartado a)

$$[\text{HNic}] = M_{\text{HC}_6\text{H}_4\text{O}_2\text{N}} = \frac{\text{moles}_{\text{HC}_6\text{H}_4\text{O}_2\text{N}}}{\text{Volumen}_{\text{HC}_6\text{H}_4\text{O}_2\text{N}}} = \frac{0,089 \text{ moles}}{0,5 \text{ L}} = 0,178 \text{ M}$$

Como es un ácido débil



Inicialmente

0,178

Disociación

- x

+ x

+ x

En equilibrio

0,178-x

+ x

+ x

Sabiendo que la constante de acidez es  $K_a = 1,4 \cdot 10^{-5}$ , entonces

$$K_a = \frac{[\text{C}_6\text{H}_4\text{O}_2\text{N}^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HC}_6\text{H}_4\text{O}_2\text{N}]} \rightarrow K_a = 1,4 \cdot 10^{-5} = \frac{x^2}{0,178 - x}$$

La constante del ácido es muy pequeña, por lo tanto

$$[\text{HC}_6\text{H}_4\text{O}_2\text{N}] \gg [\text{C}_6\text{H}_4\text{O}_2\text{N}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] \rightarrow 0,178 - x \approx 0,178$$

Grado de disociación

$$1,4 \cdot 10^{-5} = \frac{x^2}{0,178} \rightarrow \% = \frac{1,578 \cdot 10^{-3}}{0,178} \cdot 100 = 0,87\%$$

3.3. (30 puntos) Uno de los postres típicos que se sirven como acompañamiento al Cocido es el queso con membrillo, en parte, por la gran variedad de queserías que se encuentran en la zona. El ácido láctico es el causante de la acidez de los derivados lácteos como es el caso del queso, que en esta variedad alcanza un pH entorno a 5. En una experiencia de laboratorio se producen 2,7 L de CO<sub>2</sub>, medidos a 1,5 atm y 20°C, y 3,02 g de H<sub>2</sub>O a partir de la combustión de una muestra de 5,04 g de ácido láctico con exceso de oxígeno. Por otro lado, cuando valoramos 0,252 g de ácido láctico disueltos en 20,0 mL de agua con una disolución de NaOH 0,100 M, se alcanza el punto de equivalencia con 28,0 mL. Deduzca la fórmula molecular del ácido láctico (ácido monoprótico).

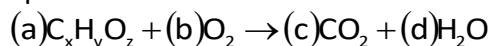


Calculamos la masa molar del ácido láctico a partir de la valoración con sosa, recuérdese que nos indica que el ácido es monoprótico, la reacción con la sosa es de 1:1

$$28,0 \text{ mL} \cdot \frac{10^{-3} \text{ L}}{1 \text{ mL}} \cdot \frac{0,100 \text{ moles NaOH}}{1 \text{ L}} \cdot \frac{1 \text{ mol HLac}}{1 \text{ mol NaOH}} = 2,8 \cdot 10^{-3} \text{ moles HLac}$$

$$2,8 \cdot 10^{-3} \text{ moles HLac} \xrightarrow{n_{\text{HLac}} = \frac{m}{MM_{\text{HLac}}}} MM_{\text{HLac}} = \frac{0,252 \text{ g}}{2,8 \cdot 10^{-3} \text{ moles HLac}} = 90 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

Ahora deducimos la fórmula a partir de la reacción de combustión.



En el caso del dióxido de carbono CO<sub>2</sub>

$$\left. \begin{array}{l} V_{\text{CO}_2} = 2,7 \text{ L} \\ P_{\text{CO}_2} = 1,5 \text{ atm} \\ T_{\text{CO}_2} = 20^\circ \text{C} = 293 \text{ K} \end{array} \right\} \rightarrow n_{\text{CO}_2} = \frac{P_{\text{CO}_2} \cdot V_{\text{CO}_2}}{R \cdot T_{\text{CO}_2}} = \frac{1,5 \text{ atm} \cdot 2,7 \text{ L}}{0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 293 \text{ K}} = 0,168 \text{ moles CO}_2$$

En el caso del agua H<sub>2</sub>O

$$\left. \begin{array}{l} m_{\text{H}_2\text{O}} = 3,02 \\ M_{\text{H}_2\text{O}} = 2 \cdot 1,01 + 1 \cdot 16,00 = 18,02 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \end{array} \right\} \rightarrow n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{3,02 \text{ g}}{18,02 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,168 \text{ moles H}_2\text{O}$$

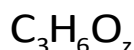
En el caso del agua  $C_xH_yO_z$ .

$$\left. \begin{array}{l} m_{C_xH_yO_z} = 5,04g \\ M_{C_xH_yO_z} = 90,00g/mol \end{array} \right\} \rightarrow n_{C_xH_yO_z} = \frac{m_{C_xH_yO_z}}{M_{C_xH_yO_z}} = \frac{5,04g}{90,00g/mol} = 0,056 \text{ moles } C_xH_yO_z$$

Por lo tanto, la relación entre el reactivo y los productos será

$$\frac{n_{CO_2}}{n_{C_xH_yO_z}} = \frac{0,168}{0,056} = \frac{3}{1} \quad \frac{n_{H_2O}}{n_{C_xH_yO_z}} = \frac{0,168}{0,056} = \frac{3}{1}$$

Y por lo tanto

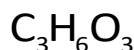


Nos falta calcular la cantidad de oxígeno en la fórmula pero sabemos la masa molecular del ácido láctico.

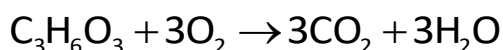
$$3 \cdot 12,01g/mol + 6 \cdot 1,01g/mol + z \cdot 16,00g/mol = 90,00g/mol$$

$$z = \frac{90,00g/mol - 3 \cdot 12,01g/mol - 6 \cdot 1,01g/mol}{16,00g/mol} = 2,99 \approx 3$$

La fórmula del ácido láctico será



3.4 (10 puntos). Escriba y ajuste la reacción de combustión del ácido láctico.

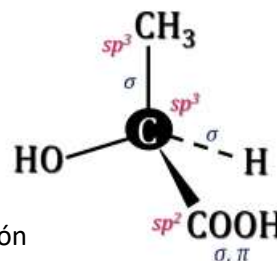


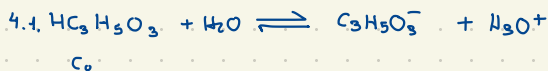
3.5 (20 puntos). Indique la hibridación y los tipos de enlace que presentan cada uno de los átomos de carbono de la molécula del ácido láctico.

El átomo de carbono del grupo  $CH_3$  tiene todos los enlaces sencillos y presenta hibridación  $sp^3$ , tiene 4 enlaces  $\sigma$ .

El átomo de carbono del grupo  $OH$  tiene todos los enlaces sencillos y presenta hibridación  $sp^3$ , tiene 4 enlaces  $\sigma$ .

El átomo de carbono del grupo  $COOH$  tiene un doble enlace y presenta hibridación  $sp^2$ , tiene 3 enlaces  $\sigma$  y un enlace  $\pi$





$\text{C}_0$

$x$

$x$

4.2.

$$K_a = \frac{[\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HC}_3\text{H}_5\text{O}_3]} \quad 1,4 \cdot 10^{-4} = \frac{(3,09 \cdot 10^{-4})^2}{\text{C}_0 - 3,09 \cdot 10^{-4}} \Rightarrow \underline{\underline{\text{C}_0 = 6,72 \cdot 10^{-4} \text{ M}}}$$

4.3

$$\alpha = \frac{3,09 \cdot 10^{-4}}{6,72 \cdot 10^{-6}} \sim 0,46$$

4.4

$$\text{pH} = 5,12 \quad [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-5,12} = 7,59 \cdot 10^{-6} \text{ M}$$

4.5

$$V_{\text{TOTAL}} = 125 + 125 = 250 \text{ mL}$$

$$\text{mols } [\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{H}_3\text{O}^+] \cdot V_{\text{CAFÉ}} = 7,59 \cdot 10^{-6} \cdot 0,125 = 9,49 \cdot 10^{-7} \text{ mol}$$

$$\begin{aligned} n_{\text{reche}} &= 3,09 \cdot 10^{-4} \times 0,125 \\ &= 3,86 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \end{aligned}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{9,49 \cdot 10^{-7} + 3,86 \cdot 10^{-5}}{0,25} = 1,58 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

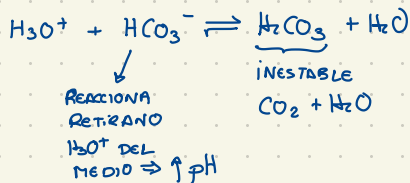
$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] = 3,80$$

4.6 Ácido cítrico + citrato de sodio  $\Rightarrow$  disolución reguladora  $\Rightarrow$  reacciona al añadir  $\left\{ \begin{array}{l} \text{Ácido} \\ \text{Base} \end{array} \right.$   
evitando modificar pH.

$$4.7 \quad \text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] = -\log (3,09 \cdot 10^{-4}) = 3,51$$

es ácido  $\Rightarrow$  valor menor a 7

4.8 compuesto ( $\text{NaHCO}_3$ )  
ALCALINO



- 5.1 a) La expresión de la constante  $K_p$  de la reacción problema es:

$$K_p = \frac{(p_{\text{COCl}_2})^2}{p_{\text{CO}_2} \cdot (p_{\text{Cl}_2})^2}$$

La expresión de la constante  $K_p$  de cada una de las reacciones dadas es:

$$K_{p_1} = \frac{(p_{\text{CO}})^2}{p_{\text{CO}_2}} = 1,3 \cdot 10^{14}$$

$$K_{p_2} = \frac{p_{\text{CO}} \cdot p_{\text{Cl}_2}}{p_{\text{COCl}_2}} = 1,7 \cdot 10^2$$

Como se observa, el valor de  $p_{\text{CO}}$  no aparece en la expresión de la  $K_p$  a calcular, por tanto, despejando dicho valor en  $K_{p_1}$  y  $K_{p_2}$  se obtiene:

$$\left. \begin{aligned} (p_{\text{CO}})^2 &= K_{p_1} \cdot p_{\text{CO}_2} \\ (p_{\text{CO}})^2 &= (K_{p_2})^2 \cdot \frac{(p_{\text{COCl}_2})^2}{(p_{\text{Cl}_2})^2} \end{aligned} \right\} \rightarrow \frac{K_{p_1}}{(K_{p_2})^2} = \frac{(p_{\text{COCl}_2})^2}{p_{\text{CO}_2} \cdot (p_{\text{Cl}_2})^2} = K_p$$

Sustituyendo los valores de las constantes  $K_{p_1}$  y  $K_{p_2}$  se obtiene el valor de la constante  $K_p$ :

$$K_p = \frac{1,3 \cdot 10^{14}}{(1,7 \cdot 10^2)^2} = 4,5 \cdot 10^9$$

- 5.2 b) La tabla de moles correspondiente al equilibrio en función del número de moles iniciales y del grado de disociación es:

|                           | $\text{COCl}_2$                                     | $\text{CO}$ | $\text{Cl}_2$ |
|---------------------------|-----------------------------------------------------|-------------|---------------|
| $n_{\text{inicial}}$      | $n$                                                 | —           | —             |
| $n_{\text{transformado}}$ | $n\alpha$                                           | —           | —             |
| $n_{\text{formado}}$      | —                                                   | $n\alpha$   | $n\alpha$     |
| $n_{\text{equilibrio}}$   | $n - n\alpha$                                       | $n\alpha$   | $n\alpha$     |
| $n_{\text{total}}$        | $(n - n\alpha) + n\alpha + n\alpha = n(1 + \alpha)$ |             |               |

La expresión de la constante  $K_p$  es:

$$K_p = \frac{p_{\text{CO}} \cdot p_{\text{Cl}_2}}{p_{\text{COCl}_2}}$$

De acuerdo con la ley de Dalton de las presiones parciales (1801), la expresión anterior queda como:

$$K_p = \frac{(p \cdot y_{\text{CO}}) \cdot (p \cdot y_{\text{Cl}_2})}{(p \cdot y_{\text{COCl}_2})} = p \cdot \frac{\frac{n\alpha}{n(1+\alpha)} \cdot \frac{n\alpha}{n(1+\alpha)}}{\frac{n(1-\alpha)}{n(1+\alpha)}} = p \cdot \frac{\alpha^2}{1-\alpha^2}$$

El valor de la constante  $K_p$  es:

$$K_p = 1,0 \cdot \frac{0,41^2}{1 - 0,41^2} = 0,20$$

- 5.3 c) La relación entre las constantes  $K_c$  y  $K_p$  viene dada por la expresión:

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta v}$$

siendo,  $\Delta v = \Sigma \text{coef. esteq. productos gaseosos} - \Sigma \text{coef. esteq. reactivos gaseosos} = (1 + 1) - 1 = 1$

Se obtiene,  $K_p = K_c (RT)$

El valor de la constante  $K_p$  es:

$$K_p = (4,63 \cdot 10^{-3}) \cdot [0,08206 \cdot (527 + 273,15)] = 0,304$$

Sustituyendo en la expresión de la constante  $K_p$  se obtiene el valor del grado de disociación en esas condiciones:

$$0,304 = 5,4 \cdot \frac{\alpha^2}{1 - \alpha^2} \rightarrow \alpha = 0,23$$

Las presiones parciales en el equilibrio son:

$$p_{\text{Cl}_2} = p_{\text{CO}} = 5,4 \text{ atm} \cdot \frac{0,23}{1 + 0,23} = 1,0 \text{ atm}$$

$$p_{\text{COCl}_2} = 5,4 \text{ atm} \cdot \frac{1 - 0,23}{1 + 0,23} = 3,4 \text{ atm}$$

5.4

d) Al existir inicialmente todas las especies del equilibrio:

$$[\text{Cl}_2]_0 = \frac{0,10 \text{ g Cl}_2}{500 \text{ mL}} \cdot \frac{1 \text{ mol Cl}_2}{71,0 \text{ g Cl}_2} \cdot \frac{10^3 \text{ mL}}{1 \text{ L}} = 2,8 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$$

$$[\text{CO}]_0 = \frac{0,040 \text{ g CO}}{500 \text{ mL}} \cdot \frac{1 \text{ mol CO}}{28,0 \text{ g CO}} \cdot \frac{10^3 \text{ mL}}{1 \text{ L}} = 2,8 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$$

$$[\text{COCl}_2]_0 = \frac{0,17 \text{ g COCl}_2}{500 \text{ mL}} \cdot \frac{1 \text{ mol COCl}_2}{99,0 \text{ g COCl}_2} \cdot \frac{10^3 \text{ mL}}{1 \text{ L}} = 3,4 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$$

es preciso calcular el valor del cociente de reacción,  $Q_c$ , para saber el sentido en el que evoluciona el sistema para alcanzar el equilibrio:

$$Q_c = \frac{[\text{CO}]_0 [\text{Cl}_2]_0}{[\text{COCl}_2]_0} = \frac{(2,8 \cdot 10^{-3}) \cdot (2,8 \cdot 10^{-3})}{(3,4 \cdot 10^{-3})} = 2,3 \cdot 10^{-3}$$

Como se observa,  $Q_c < K_c$ , por tanto, el sistema no se encuentra en equilibrio. Para que el sistema alcance el equilibrio a esta temperatura el valor de  $Q_c$  debe hacerse mayor hasta igualarse a  $K_c$ , para ello, debe aumentar el numerador y debe disminuir el denominador, por este motivo **el equilibrio se desplaza hacia la formación de  $\text{Cl}_2$  y  $\text{CO}$ .**