

1. **2019\_M<sub>A2</sub>**. La solubilidad del cromato de plata en agua a 25°C es 0,00435 g/100 mL.
- Escriba el equilibrio de solubilidad en agua del cromato de plata, indicando los estados de cada especie.
  - Calcule el producto de solubilidad de la sal a 25 °C.
  - Calcule si se formará precipitado cuando se mezclan 20 mL de cromato de sodio 0,8 M con 300 mL de nitrato de plata 0,5 M. Considere los volúmenes aditivos.
- Datos: Masas atómicas: O = 16,0; Cr = 52,0; Ag = 107,8
- Sol:  $Ag_2CrO_4(s) \rightleftharpoons 2Ag^+(ac) + CrO_4^{2-}(ac)$ ;  $K_s = 8,8 \cdot 10^{-12}$ ; Si, ya que  $Q = 0,011 > 8,8 \cdot 10^{-12}$*
2. **2019\_M<sub>B5</sub>**. En un recipiente cerrado, se calienta a 182°C pentacloruro de arsénico gaseoso que se disocia en tricloruro de arsénico gaseoso y en cloro molecular. En el equilibrio y a una presión total de 1 atm, el pentacloruro de arsénico se disocia un 29,2 %. Calcule:
- Las presiones parciales de los tres gases en el equilibrio.
  - Kc y Kp.
  - Las concentraciones molares de todas las sustancias en el equilibrio.
- Dato: R = 0,082 atm·L·mol<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup>
- Sol:  $p(AsCl_3) = p(Cl_2) = 0,23$  atm;  $p(AsCl_5) = 0,55$  atm; b)  $K_c = 2,6 \cdot 10^{-3}$ ;  $K_p = 0,096$ ; c)  $[AsCl_5] = 0,015$  M,  $[AsCl_3] = [Cl_2] = 0,0062$  M*
3. **2018\_M<sub>B4</sub>** Cuando se introducen 2 mol de A y 2 mol de B en un recipiente de 20 L y se calienta a 600°C, se establece el siguiente equilibrio:  $A(g) + B(g) \rightleftharpoons C(g)$ , con una constante Kp = 0,42. Calcule:
- La constante Kc
  - Las concentraciones de A, B y C en el equilibrio
  - Las presiones parciales de A, B y C en el equilibrio
  - Justifique hacia donde se desplazaría el equilibrio si aumentase la presión total.
- Sol:  $K_c = 0,0059$ ;  $p_A = p_B = 3,11$  atm,  $p_C = 4,04$  atm; hacia la derecha*
4. **2018\_S<sub>A4</sub>** En un reactor de 20 L, una mezcla gaseosa constituida inicialmente por 7 mol de hidrógeno y 5 mol de yodo, se calienta a 350°C. En el equilibrio,  $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$ , hay 8,6 mol de yoduro de hidrógeno gaseoso. La entalpía de la reacción es  $\Delta H = -10,83$  kJ.
- Indique cómo se modifica el equilibrio al aumentar la temperatura.
  - Calcule la constante de equilibrio Kc.
  - Calcule la presión parcial de hidrógeno en el equilibrio.
- Datos: R = 0,082 atm·L·mol<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup>
- Sol: el equilibrio se desplaza hacia la izquierda;  $K_c = 39,13$ ;  $p(H_2) = 6,90$  atm*
5. **2018\_J<sub>A4</sub>** A 25°C se produce la reacción  $AB_3(g) \rightleftharpoons AB_2(g) + 1/2 B_2(g)$ , cuando se alcanza el equilibrio  $AB_3(g)$  está disociado al 65% con una presión total de 0,25 atm. Calcule:
- Las presiones parciales de cada gas en el equilibrio.
  - Kp y Kc.
- Dato. R = 0,082 atm·L·mol<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup>
- Sol:  $p(AB_3) = 0,066$  atm;  $p(AB_2) = 0,123$  atm;  $p(B_2) = 0,061$  atm;  $K_p = 0,461$ ;  $K_c = 0,0933$*
6. **2018\_J<sub>CA5</sub>** En un recipiente cerrado de 10 L se mezcla HI, I<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>. Sus presiones parciales iniciales son p(HI) = 0,7 atm, p(I<sub>2</sub>) = 0,02 atm y p(H<sub>2</sub>) = 0,02 atm. Se calienta a 700 K estableciéndose el siguiente equilibrio:  $2HI(g) \rightleftharpoons I_2(g) + H_2(g)$ .
- Calcule el valor de Kp sabiendo que la presión parcial en el equilibrio de HI es de 0,64 atm.
  - Calcule el valor de Kc a esa temperatura
  - Razone en qué sentido se producirá la reacción para alcanzar el equilibrio para los tres experimentos de la tabla
- | Experimento | mol HI | mol H <sub>2</sub> | mol I <sub>2</sub> |
|-------------|--------|--------------------|--------------------|
| 1           | 1      | 0,1                | 0,1                |
| 2           | 10     | 0,1                | 0,1                |
| 3           | 1      | 0,078              | 0,078              |
7. **2018\_J<sub>CB4</sub>** Para una disolución acuosa conteniendo iones Mg<sup>2+</sup> y Ca<sup>2+</sup> de concentración 0,001 M para cada uno:
- Formule el equilibrio de precipitación resultante de cada uno de sus hidróxidos.
  - Justifique en qué orden precipitan cuando se agrega KOH (base fuerte) a la disolución.
  - Explique cualitativamente cómo afecta a la solubilidad de ambos hidróxidos añadir HCl a la disolución del enunciado.
- Datos. Ks: Mg(OH)<sub>2</sub> = 5 · 10<sup>-11</sup>; Ca(OH)<sub>2</sub> = 1,1 · 10<sup>-6</sup>
- Sol:  $Mg(OH)_2 \rightleftharpoons Mg^{2+}(ac) + 2OH^-(ac)$ ;  $Ca(OH)_2 \rightleftharpoons Ca^{2+}(ac) + 2OH^-(ac)$ ; b) precipita primero Mg(OH)<sub>2</sub>; aumenta la solubilidad de ambos*
8. **2017\_J<sub>A4</sub>** En un matraz de 2 L se introducen 0,5 mol de A<sub>2</sub> y 1,0 mol de B<sub>2</sub> y se lleva a 250°C. Se produce la reacción:  $A_2(g) + 2 B_2(g) \rightleftharpoons A_2B_4(g)$ , reaccionando el 60% del reactivo A<sub>2</sub>.
- Sabiendo que para esta reacción  $\Delta H > 0$ , proponga justificadamente dos formas diferentes de aumentar su rendimiento sin añadir más cantidad de reactivos.
  - Calcule Kp.
- Dato. R = 0,082 atm·L·mol<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup>
- Sol: aumentar Tª y aumentar la presión;  $K_p = 0,02$*

9. 2017\_J<sub>CA5</sub> La reacción de síntesis del CH<sub>3</sub>OH en estado gaseoso es  $\text{CO} + \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}$ . Se introducen en un reactor 1 mol de CO y 2 mol de H<sub>2</sub>, alcanzándose el equilibrio a 500°C y 250 atm cuando ha reaccionado el 20% del CO inicial. Determine, a partir de la reacción ajustada:

- La presión parcial de cada gas en el equilibrio y el volumen del reactor empleado.
- El valor de K<sub>p</sub>. ¿Coinciden los valores numéricos de K<sub>p</sub> y K<sub>c</sub>? Razone la respuesta.
- Cómo afecta a la concentración de metanol un aumento de volumen a temperatura constante.

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

10. 2017\_J<sub>CB4</sub> A una disolución de K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> se le añade una disolución de CaBr<sub>2</sub>.

- Formule el equilibrio de precipitación resultante.
- Determine la solubilidad del CaSO<sub>4</sub> en mol·L<sup>-1</sup> y g·L<sup>-1</sup>.
- Justifique cómo afecta la adición de otro sulfato a la mezcla de disoluciones del enunciado.
- Si a una disolución que contiene iones Ca<sup>2+</sup> y Ba<sup>2+</sup> en igual concentración se le hacen adiciones sucesivas de la disolución de K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, justifique qué sal precipitará primero.

Datos. K<sub>s</sub>(CaSO<sub>4</sub>) = 5 · 10<sup>-5</sup>; K<sub>s</sub>(BaSO<sub>4</sub>) = 1,1 · 10<sup>-10</sup>. Masas atómicas: O = 16; S = 32; Ca = 40

*Sol: Ca<sup>2+</sup> + SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> → CaSO<sub>4</sub> ↓; b) s=7,07·10<sup>-3</sup>M = 0,96 g/L; precipita primero la de menor K<sub>ps</sub>, el BaSO<sub>4</sub>*

11. 2017\_J<sub>SA3</sub> Para la reacción elemental  $\text{A (g)} + 2 \text{B (g)} \rightarrow 3 \text{C (g)}$ :

- Escriba la expresión de su ley de velocidad. ¿Cuál es el orden total de la reacción?
- Indique razonadamente cuáles son las unidades de su constante de velocidad.
- ¿Cómo afectará a la velocidad de reacción una disminución de temperatura a volumen constante?
- Si en un momento determinado se alcanzase el estado de equilibrio, indique cómo variarían las cantidades de reactivo si aumentase la presión. ¿Y si se elimina C del medio de reacción?

12. 2017\_S<sub>A4</sub> Se dispone de una disolución que contiene iones yoduro e iones sulfuro. A esa disolución se le añade gota a gota una disolución de nitrato de plomo(II).

- Escriba los equilibrios de solubilidad de las dos sales de plomo(II).
- Calcule las solubilidades molares de ambas sales.
- ¿Qué ocurrirá si a una disolución saturada de sulfuro de plomo(II) se le añade un exceso de disolución de nitrato de plomo(II)? Razone su respuesta.

Datos. K<sub>s</sub> (yoduro de plomo(II)) = 1,0 · 10<sup>-8</sup>; K<sub>s</sub> (sulfuro de plomo(II)) = 4,0 · 10<sup>-29</sup>

*Sol: Pb<sup>2+</sup> (ac) + 2I<sup>-</sup> (ac) ⇌ PbI<sub>2</sub> (s); Pb<sup>2+</sup> (ac) + S<sup>2-</sup> (ac) ⇌ PbS (s); s (PbI<sub>2</sub>) = 1,4·10<sup>-3</sup> M s (PbS)=6,3·10<sup>-15</sup> M;*

13. 2017\_S<sub>B4</sub> Para la reacción  $\text{CO (g)} + \text{H}_2\text{O (g)} \rightleftharpoons \text{CO}_2\text{ (g)} + \text{H}_2\text{ (g)}$ , K<sub>c</sub> = 5 a 530°C. Se hacen reaccionar 2,0 mol de CO con 2,0 mol de H<sub>2</sub>O.

- Calcule la composición molar en el equilibrio.
- Prediga razonadamente qué ocurrirá si se añade 1 mol de H<sub>2</sub> al medio de reacción en equilibrio del apartado a). Demuestre numéricamente que su predicción es acertada.
- La reacción es exotérmica. Razone cómo influirán en ésta una disminución de la Tª y el empleo de un catalizador.

*Sol: a) 1,38 mol CO<sub>2</sub>; 0,62 mol CO y de H<sub>2</sub>O; b) 1,25 mol CO<sub>2</sub>, 2,25 mol H<sub>2</sub>, 0,75 mol CO y de H<sub>2</sub>O*

14. 2017\_S<sub>CA5</sub> Se introduce NOBr en un recipiente de 2 L a 25°C. Cuando se establece el equilibrio  $\text{NOBr (g)} \rightleftharpoons \text{NO (g)} + \frac{1}{2} \text{Br}_2\text{ (g)}$ , hay 0,0136 mol de NO y una presión total de 0,5 atm. Calcule:

- La concentración inicial de NOBr.
- La presión parcial de cada gas.
- K<sub>p</sub> y K<sub>c</sub> a esa temperatura. Dato. R = 0,082 atm·L·mol<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup>

*Sol: 0,0171 M; K<sub>p</sub> = 0,191; K<sub>c</sub> = 3,87·10<sup>-2</sup>*

15. 2017\_S<sub>CB2</sub> Para realizar la síntesis del amoníaco,  $\text{N}_2\text{ (g)} + 3 \text{H}_2\text{ (g)} \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3\text{ (g)}$ , se introducen en un reactor los reactivos en proporciones estequiométricas a 400 atm y 500 K. Sabiendo que la reacción es exotérmica, justifique si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones:

- La reacción de obtención de NH<sub>3</sub> se favorece al bajar la temperatura.
- Esta reacción está favorecida a presiones bajas, por tanto, las condiciones del enunciado no son óptimas.
- Por la estequiometría de la reacción, la presión en el reactor aumenta a medida que se forma amoníaco.
- Un método para obtener mayor cantidad de amoníaco es aumentar la presión parcial de nitrógeno

16. 2017\_S<sub>CB4</sub> A una disolución que contiene bromuro de potasio y cromato de sodio se añade una disolución de nitrato de plata

- Formule los equilibrios de precipitación que tienen lugar.
- Calcule, en mol·L<sup>-1</sup> y en g·L<sup>-1</sup>, la solubilidad de las sales que precipitan.
- ¿Qué tipo de disolución podría añadirse para disminuir la solubilidad de ambas sales?

Datos. K<sub>s</sub> (AgBr) = 5,0 · 10<sup>-13</sup>; K<sub>s</sub> (Ag<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>) = 1,9 · 10<sup>-12</sup>. Masas atómicas: O = 16; Cr = 52; Br = 80; Ag = 108

*Sol: Ag<sup>+</sup> (ac) + Br<sup>-</sup> (ac) ⇌ AgBr (s); 2Ag<sup>+</sup> (ac) + CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (ac) ⇌ Ag<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> (s); 1,3 · 10<sup>-4</sup> g/L 3,7·10<sup>-2</sup> g/L*



- 24. 2015\_S<sub>B3</sub>** La reacción entre gases  $2A + B \rightleftharpoons 3C$  tiene  $\Delta H = -120 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ , y la reacción inversa  $E_a = 180 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
- Utilizando un diagrama energético de la reacción, calcule  $E_a$  para la reacción directa.
  - Justifique si un aumento de  $T^a$  tendrá mayor efecto sobre la constante de velocidad de la reacción directa o de la inversa.
  - Justifique qué efecto tendrá un aumento de temperatura sobre las cantidades de reactivos y productos en el equilibrio

- 25. 2015\_J<sub>CA5</sub>** Para llevar a cabo la siguiente reacción de descomposición en fase gaseosa,  $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$ , se introduce en un reactor 1 mol de  $N_2O_4$ , alcanzándose el equilibrio de la reacción a  $45^\circ\text{C}$  y 2 atm.
- Determine el valor de  $K_p$  para esta reacción sabiendo que  $K_c = 0,67$ .
  - Calcule las fracciones molares en el equilibrio.
  - Justifique si la presión total debería aumentar o disminuir para que la mezcla en el equilibrio fuera equimolar.
- Dato.  $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

- 26. 2015\_J<sub>A3</sub>** Considere los siguientes compuestos y sus valores de  $K_s$  (a  $25^\circ\text{C}$ ) indicados en la tabla:
- Formule cada uno de sus equilibrios de solubilidad.
  - Escriba en orden creciente, de forma justificada, la solubilidad molar de estos compuestos.

Sulfato de bario	$K_s = 1,1 \times 10^{-10}$
Sulfuro de cadmio	$K_s = 8,0 \times 10^{-28}$
Hidróxido de hierro(II)	$K_s = 1,0 \times 10^{-16}$
Carbonato de calcio	$K_s = 8,7 \times 10^{-9}$

Sol:  $BaSO_4 \rightleftharpoons Ba^{2+}(\text{ac}) + SO_4^{2-}(\text{ac})$ ;  $CdS \rightleftharpoons Cd^{2+}(\text{ac}) + S^{2-}(\text{ac})$ ;  $Fe(OH)_2 \rightleftharpoons Fe^{2+}(\text{ac}) + 2OH^-(\text{ac})$ ;  $CaCO_3 \rightleftharpoons Ca^{2+}(\text{ac}) + CO_3^{2-}(\text{ac})$   
 $s(BaSO_4) = 1,05 \cdot 10^{-5}$ ;  $s(CdS) = 2,83 \cdot 10^{-14} \text{ M}$ ;  $s(Fe(OH)_2) = 2,92 \cdot 10^{-6} \text{ M}$ ;  $s(CaCO_3) = 9,33 \cdot 10^{-5} \text{ M}$

- 27. 2015\_J<sub>B4</sub>** En un recipiente cerrado de 10 L, que se halla a 305K, se introducen 0,5 mol de  $N_2O_4$  (g) que se descompone parcialmente:  $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$ , siendo la constante de equilibrio  $K_p$  0,25 a dicha temperatura.
- Calcule el valor de la constante de equilibrio  $K_c$ .
  - Determine las fracciones molares de los componentes de la mezcla en el equilibrio.
  - Calcule la presión total en el recipiente cuando se ha alcanzado el equilibrio. Dato.  $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ .

Sol:  $K_c = 0,01$ ;  $x(N_2O_4) = 0,67$ ;  $x(NO_2) = 0,33$ ;  $P_{\text{Total}} = 1,5 \text{ atm}$

- 28. 2015\_M<sub>A5</sub>** Para la reacción de descomposición térmica del etano:  $C_2H_6(g) \rightleftharpoons C_2H_4(g) + H_2(g)$ , la constante de equilibrio  $K_c$ , a 900 K, tiene un valor de  $7,0 \cdot 10^{-4}$ . Se introduce etano en un reactor y una vez alcanzado el equilibrio la presión en el interior del mismo es 2,0 atm.
- Calcule el grado de disociación y las presiones parciales de cada uno de los componentes en el equilibrio.
  - Explique razonadamente cómo afectará al grado de disociación un aumento de la presión y demuestre si su predicción es acertada realizando los cálculos oportunos cuando la presión duplica su valor.
- Dato.  $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

Sol:  $\alpha = 0,16$ ; si  $\uparrow P$  el  $\alpha \downarrow \alpha' = 0,11$

- 29. 2015\_M<sub>B5</sub>** Se introduce cierta cantidad de cloruro de amonio sólido en un reactor de 300 mL. Cuando se calienta a 500 K, se alcanza el equilibrio  $NH_4Cl(s) \rightleftharpoons HCl(g) + NH_3(g)$  y la presión total en el interior del reactor es 16,4 atm. Determine:
- Los valores de  $K_c$  y  $K_p$  de esta reacción a 500 K.
  - La variación de entalpía de la reacción del enunciado.
  - Justifique si la reacción será espontánea a temperaturas altas o bajas.
- Datos.  $\Delta H_f^\circ$  (kJ·mol<sup>-1</sup>):  $NH_4Cl(s) = -314,6$ ;  $HCl(g) = -92,3$ ;  $NH_3(g) = -45,9$ .  $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

Sol:  $K_c = 0,04$   $K_p = 67,2$

Sol:  $\Delta H^\circ = 176,4 \text{ KJ/mol}$   
 espontánea a  $T^a$  altas

- 30. 2014\_M<sub>A5</sub>** Considere la reacción en equilibrio  $A(g) + 3B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$ . Cuando se introduce 1 mol de A y 3 mol de B en un recipiente de 5 L y se alcanza el equilibrio a 350 K, se observa que se han formado 1,6 mol de C.
- Calcule la constante de equilibrio  $K_p$  de la reacción a 350 K.
  - Sabiendo que a 200 K la constante de equilibrio  $K_p = 17$ , determine el signo de la  $\Delta H$  de la reacción.
  - Deduzca el signo que tendrá  $\Delta S$  para esta reacción.
  - Explique si la reacción será o no espontánea a cualquier temperatura.
- Dato.  $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

**SOLUCIÓN**

- a)
- |                                |                   |
|--------------------------------|-------------------|
| $A + 3B \rightleftharpoons 2C$ |                   |
| $n_i$                          | 1    3    0       |
| $n_{eq}$                       | $1-x$ $3-3x$ $2x$ |
- $2x = 1,6$ ;  $x = 0,8 \text{ mol}$ ;  
 $n_A = 0,2 \text{ mol}$ ;  $n_B = 0,6 \text{ mol}$ ;  $n_C = 1,6 \text{ mol}$ ;  $n_{\text{tot}} = 2,4 \text{ mol}$   
 $p_{\text{tot}} = 2,4 \times 0,082 \times 350 / 5 = 13,8 \text{ atm}$ ;  $p_A = (0,2 / 2,4) \times 13,8 = 1,15 \text{ atm}$ ;  $p_B = (0,6 / 2,4) \times 13,8 = 3,45 \text{ atm}$ ;  
 $p_C = (1,6 / 2,4) \times 13,8 = 9,2 \text{ atm}$ ;  $K_p = p_C^2 / (p_A \cdot p_B^3) = 1,79$ .
- b) A 200 K,  $K_p = 17$ , mientras que disminuye al aumentar la temperatura hasta 350 K. Por lo tanto, la cantidad de productos disminuye al aumentar T, lo cual corresponde a una reacción exotérmica:  $\Delta H < 0$ .
- c)  $\Delta S < 0$  al ser una reacción entre gases en la que disminuye el número de moles gaseosos al pasar de reactivos a productos.
- d)  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ . En esta reacción  $\Delta H < 0$  y  $\Delta S < 0$ ; por lo tanto, la reacción será espontánea ( $\Delta G < 0$ ) solo a temperaturas bajas, para las que  $|\Delta H| < |T\Delta S|$ .

**31. 2014\_S<sub>A2</sub>** Explique cuáles de estas reacciones, sin ajustar, modifican su composición en el equilibrio por un cambio en la presión total. Indique cómo variarían las cantidades de productos o reactivos si hubiese un aumento de presión.

- a)  $\text{Ni (s)} + \text{CO (g)} \rightleftharpoons \text{Ni(CO)}_4 \text{ (g)}$                       c)  $\text{SO}_2 \text{ (g)} + \text{O}_2 \text{ (g)} \rightleftharpoons \text{SO}_3 \text{ (g)}$   
b)  $\text{CH}_4 \text{ (g)} + \text{H}_2\text{O (g)} \rightleftharpoons \text{CO (g)} + \text{H}_2 \text{ (g)}$                       d)  $\text{O}_3 \text{ (g)} \rightleftharpoons \text{O}_2 \text{ (g)}$

**32. 2014\_M<sub>B5</sub>** El producto de solubilidad del hidróxido de hierro (III) a 25°C es  $K_s = 2,8 \times 10^{-39}$ .

- a) Calcule la solubilidad de este hidróxido, en  $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ .  
b) ¿Cuál será el pH de una disolución saturada de esta sal?  
c) Calcule qué volumen de ácido clorhídrico comercial (densidad  $1,13 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ , riqueza 36% en masa) es necesario para neutralizar una disolución saturada formada a partir de 10,7 g de hidróxido de hierro (III).

Datos. Masas atómicas: Fe = 55,8; O = 16,0; H = 1,0; Cl = 35,5.

**SOLUCIÓN**

- a)  $\text{Fe(OH)}_3 \text{ (s)} \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+} \text{ (ac)} + 3 \text{ OH}^- \text{ (ac)}$ ;  $K_s = s \cdot (3s)^3 = 27s^4$ ;  $s = (2,8 \times 10^{-39} / 27)^{1/4} = 1,01 \times 10^{-10} \text{ M}$ ;  
masa molecular  $\text{Fe(OH)}_3 = 55,8 + 3 \times 17 = 106,8$ ;  $s = 106,8 \times 1,01 \times 10^{-10} = 1,08 \times 10^{-8} \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ .  
b)  $[\text{OH}^-] = 3s = 3,03 \times 10^{-10} \text{ M} \ll 10^{-7}$ ; por lo tanto, a efectos prácticos el pH viene dado por la disociación del agua, y  $\text{pH} \approx 7$ .  
c) El ácido desplaza el equilibrio de solubilidad hacia la derecha según va reaccionando con los  $\text{OH}^-$ , por lo que acaba reaccionando con todo el hidróxido de hierro (III). Moles  $\text{Fe(OH)}_3 = 10,7 / 106,8 = 0,1 \text{ mol}$ ;  
moles  $\text{HCl} = 3 \times \text{moles Fe(OH)}_3 = 0,3 \text{ mol}$ ; masa  $\text{HCl}$  puro =  $0,3 \times (35,5 + 1) = 10,95 \text{ g}$ ;  
 $V_{\text{HCl comercial}} = 10,95 \times (100 / 36) / 1,13 = 26,9 \text{ cm}^3$ .

**33. 2014\_S<sub>B4</sub>** En el siguiente sistema en equilibrio:  $\text{CO (g)} + \text{Cl}_2 \text{ (g)} \rightleftharpoons \text{COCl}_2 \text{ (g)}$ , las concentraciones de CO,  $\text{Cl}_2$  y  $\text{COCl}_2$  son 0,5 M, 0,5 M y 1,25 M, respectivamente.

- a) Calcule el valor de  $K_c$ .  
b) Justifique hacia dónde se desplazará el equilibrio si se aumenta el volumen.  
c) Calcule las concentraciones en el equilibrio de todos los componentes si se reduce el volumen a la mitad.

*Sol: a)  $K_c = 5,0$  b) el equilibrio se desplaza hacia la izquierda c)  $[\text{CO}] = [\text{Cl}_2] = 0,74 \text{ M}$ ,  $[\text{COCl}_2] = 2,76 \text{ M}$*

**34. 2014\_J<sub>CB5</sub>** Considere la siguiente reacción en equilibrio:  $\text{SO}_2 \text{ (g)} + \text{NO}_2 \text{ (g)} \rightleftharpoons \text{SO}_3 \text{ (g)} + \text{NO (g)}$ . En un recipiente de 5 L, a 233°C, se introducen 3,2 g de  $\text{SO}_2$  gas y la cantidad de  $\text{NO}_2$  gas necesaria para que la presión total en el equilibrio alcance un valor de 0,77 atm. La cantidad de  $\text{SO}_3$  en el equilibrio es de 0,04 mol.

- a) Calcule la concentración inicial de  $\text{NO}_2$ .  
b) Calcule las concentraciones de todas las especies en el equilibrio y el valor de  $K_p$  a 233 °C.  
c) Al aumentar la temperatura el valor de  $K_p$  disminuye. Razone si la reacción directa es endotérmica o exotérmica.  
Datos.  $R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ . Masas atómicas: O = 16; S = 32.

**35. 2014\_J<sub>A3</sub>** El hidróxido de cadmio(II) es una sustancia cuyo producto de solubilidad es  $7,2 \cdot 10^{-15}$  a 25 °C, y aumenta al aumentar la temperatura. Justifique si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones:

- a) El proceso de solubilización de esta sustancia es exotérmico.  
b) La solubilidad a 25 °C tiene un valor de  $1,24 \cdot 10^{-5} \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ .  
c) Esta sustancia se disuelve más fácilmente si se reduce el pH del medio. masas atómicas: H=1; O=16; Cd=112.

*Sol: a) Falsa; b) Falsa,  $s = 1,22 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L} = 1,78 \cdot 10^{-3} \text{ g/L}$ ; c) Verdad, si  $\downarrow \text{pH}$ ,  $\uparrow [\text{H}_3\text{O}^+]$  y al  $\downarrow [\text{OH}^-]$  el equilibrio se desplaza a derecha*

**36. 2014\_J<sub>B3</sub>** Considere el equilibrio:  $\text{SbCl}_3 \text{ (ac)} + \text{H}_2\text{O (l)} \rightleftharpoons \text{SbOCl (s)} + \text{HCl (ac)}$ . Sabiendo que es endotérmico en el sentido en que está escrita la reacción, y teniendo en cuenta que no está ajustada:

- a) Razone cómo afecta a la cantidad de  $\text{SbOCl}$  un aumento en la cantidad de  $\text{HCl}$ .  
b) Razone cómo afecta a la cantidad de  $\text{SbOCl}$  un aumento en la cantidad de  $\text{SbCl}_3$ .  
c) Escriba la expresión de  $K_c$  para esta reacción.  
d) Razone cómo afecta un aumento de temperatura al valor de  $K_c$ .

**37. 2013\_S<sub>A4</sub>** Se introduce fosgeno ( $\text{COCl}_2$ ) en un recipiente vacío de 1 L a una presión de 0,92 atm y temperatura de 500 K, produciéndose su descomposición según la ecuación:  $\text{COCl}_2 \text{ (g)} \rightleftharpoons \text{CO (g)} + \text{Cl}_2 \text{ (g)}$ .

Sabiendo que en estas condiciones el valor de  $K_c$  es  $4,63 \times 10^{-3}$ , calcule:

- a) La concentración inicial de fosgeno.  
b) Las concentraciones de todas las especies en el equilibrio.  
c) La presión parcial de cada uno de los componentes en el equilibrio.                      Dato.  $R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

*Sol: a)  $2,2 \cdot 10^{-2} \text{ M}$  b)  $[\text{CO}] = [\text{Cl}_2] = 8,0 \cdot 10^{-3} \text{ M}$ ,  $[\text{COCl}_2] = 1,4 \cdot 10^{-2} \text{ M}$ ; c)  $p(\text{Cl}_2) = p(\text{CO}) = 0,33 \text{ atm}$ ,  $p(\text{COCl}_2) = 0,57 \text{ atm}$*

**38. 2013\_S<sub>B2</sub>** Se tiene una reacción en equilibrio del tipo:  $a\text{A (g)} + b\text{B (g)} \rightleftharpoons c\text{C (l)} + d\text{D (s)}$ .

- a) Escriba la expresión de  $K_p$ .  
b) Justifique cómo se modifica el equilibrio cuando se duplica el volumen del recipiente.  
c) Justifique cómo se modifica el equilibrio si se aumenta la presión parcial de la sustancia A.  
d) Justifique qué le ocurre al valor de  $K_p$  si aumenta la temperatura del sistema.

- 39. 2013\_J<sub>A5</sub>** El valor de la  $K_c$  de equilibrio para la reacción  $H_2(g) + F_2(g) \rightleftharpoons 2HF(g)$ , es  $6,6 \cdot 10^{-4}$  a  $25^\circ C$ . Si en un recipiente de 10 L se introduce 1 mol de  $H_2$  y 1 mol de  $F_2$ , y se mantiene a  $25^\circ C$  hasta alcanzar el equilibrio, halle:
- Los moles de  $H_2$  que quedan sin reaccionar una vez que se ha alcanzado el equilibrio.
  - La presión parcial de cada uno de los compuestos en el equilibrio
  - el valor de  $K_p$  a  $25^\circ C$ .
- Sol: a) 0,9873 mol de  $H_2$  sin reaccionar b)  $p(H_2)=p(F_2)= 2,41 atm$ ; c)  $K_p = 6,6 \cdot 10^{-4}$*
- 40. 2013\_J<sub>B2</sub>** La siguiente reacción, no ajustada:  $CH_3OH(l) + O_2(g) \rightleftharpoons H_2O(l) + CO_2(g)$  es exotérmica a  $25^\circ C$ .
- Escriba la expresión para la constante de equilibrio  $K_p$  de la reacción indicada.
  - Razone cómo afecta al equilibrio un aumento de la temperatura.
  - Razone cómo afecta a la cantidad de  $CO_2$  desprendido un aumento de la cantidad de  $CH_3OH(l)$ .
  - Justifique cómo se modifica el equilibrio si se elimina  $CO_2$  del reactor
- 41. 2013\_M<sub>A1</sub>** Cuando se trata agua líquida con exceso de azufre sólido en un recipiente cerrado, a  $25^\circ C$ , se obtienen los gases sulfuro de hidrógeno y dióxido de azufre.
- Formule el equilibrio que se establece entre reactivos y productos.
  - Escriba las expresiones de  $K_c$  y  $K_p$ .
  - Indique cómo afecta al equilibrio un aumento de presión.
  - Indique el signo de la variación de entropía del proceso.
- 42. 2013\_M<sub>B2</sub>** El yoduro de bismuto (III) es una sal muy poco soluble en agua.
- Escriba el equilibrio de solubilidad del yoduro de bismuto sólido en agua.
  - Escriba la expresión para la solubilidad del compuesto  $BiI_3$  en función de su producto de solubilidad.
  - Sabiendo que la sal presenta una solubilidad de 0,7761 mg en 100 mL de agua a  $20^\circ C$ , calcule la constante del producto de solubilidad a esa temperatura. Datos. Masas atómicas: Bi = 209,0; I = 126,9
- 43. 2013\_M<sub>B4</sub>** En un recipiente de 15 litros se introducen 3 mol de compuesto A y 2 mol del compuesto B. Cuando se calienta el recipiente a 400 K se establece el siguiente equilibrio:  $2A(g) + B(g) \rightleftharpoons 3C(g)$ . Sabiendo que cuando se alcanza el equilibrio las presiones parciales de B y C son iguales, calcule:
- Las concentraciones de A, B y C en el equilibrio.
  - La presión total en el equilibrio.
  - El valor de las constantes de equilibrio  $K_c$  y  $K_p$  a 400 K. Dato.  $R = 0,082 atm \cdot L \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$
- Sol: a)  $[A]=0,133 M$ ;  $[B]=[C]= 0,1 M$ ; b)  $P_T=10,9 atm$ ; c)  $K_c = 0,565$  y  $K_p = 0,565$*
- 44. 2012\_S<sub>A2</sub>** Considere la reacción exotérmica  $A+B \rightleftharpoons C+D$ . Razone por qué estas afirmaciones son falsas para este equilibrio:
- Si la constante de equilibrio tiene un valor muy elevado es porque la reacción directa es muy rápida.
  - Si aumenta la temperatura, la constante cinética de la reacción directa disminuye.
  - El orden total de la reacción directa es igual a 3.
  - Si se añade un catalizador, la constante de equilibrio aumenta.
- 45. 2012\_S<sub>A5</sub>** En un recipiente cerrado de 1 L de capacidad se introducen 73,6 gramos de tetraóxido de dinitrógeno. Se mantiene a  $22^\circ C$  hasta alcanzar el equilibrio  $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$ , siendo  $K_c = 4,66 \cdot 10^{-3}$ .
- Calcula las concentraciones de ambos gases en el equilibrio. *Sol:  $[N_2O_4] = 0,77 M$ ;  $[NO_2] = 0,06 M$*
  - Calcula el valor de  $K_p$ . *Sol:  $K_p = 0,113$*
  - Cuando la temperatura aumenta al doble, aumenta  $K_c$ . Justifica el signo de  $\Delta H$  para esta reacción. *Sol:  $\Delta H > 0$*
- Datos:  $R = 0,082 atm \cdot L \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$ ; masas atómicas N = 14 u; O = 16 u.
- 46. 2012\_S<sub>B2</sub>** Para las sales cloruro de plata y yoduro de plata, cuyas constantes de producto de solubilidad, a  $25^\circ C$ , son  $1,6 \cdot 10^{-10}$  y  $8 \cdot 10^{-17}$ , respectivamente:
- Formule los equilibrios heterogéneos de disociación y escriba las expresiones para las constantes del producto de solubilidad de cada una de las sales indicadas, en función de sus solubilidades.
  - Calcule la solubilidad de cada una de estas sales en  $g \cdot L^{-1}$
  - ¿Qué efecto produce la adición de cloruro de sodio sobre una disolución saturada de cloruro de plata?
  - ¿Cómo varía la solubilidad de la mayoría de las sales al aumentar la temperatura? Justifique la respuesta
- Datos. Masas atómicas: Cl = 35,5; Ag = 108,0; I = 127,0
- 47. 2012\_J<sub>A5</sub>** Se introducen 0,5 moles de pentacloruro de antimonio en un recipiente de 2 L. Se calienta a  $200^\circ C$  y una vez alcanzado el equilibrio, hay 0,436 moles del compuesto. Todas las sustancias son gaseosas a esa  $T^\circ$ .
- Escriba la reacción de descomposición del pentacloruro de antimonio en cloro y tricloruro de antimonio.
  - Calcule  $K_c$  para la reacción anterior. Dato.  $R = 0,082 atm \cdot L \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$
  - Calcule la presión total de la mezcla en el equilibrio. *Sol: b)  $K_c = 4,69 \cdot 10^{-3}$ ; c)  $P_{eq} = 10,94 atm$*

- 48. 2012\_M<sub>B2</sub>** Para la reacción en fase gaseosa  $A + B \rightleftharpoons C$  los valores de entalpía de reacción y energía de activación de la reacción directa son:  $\Delta H = -150 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$  y  $E_a = 85 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ . Justifique:
- el efecto de un aumento de temperatura en la constante de equilibrio y en la composición en equilibrio.
  - el efecto de un aumento de temperatura en la constante de velocidad y en la velocidad de la reacción directa.
  - el efecto de un aumento de volumen en la constante de equilibrio y en la composición en equilibrio.
  - Determine, para la reacción inversa  $C \rightleftharpoons A + B$ , los valores de  $\Delta H$  y  $E_a$  y justifique si la constante de velocidad de la reacción inversa será mayor o menor que la directa.

**SOLUCIÓN**

- Reacción exotérmica  $\Rightarrow$  un aumento de temperatura desplaza el equilibrio hacia los reactivos  $\Rightarrow$  la constante de equilibrio disminuye, las concentraciones de A y B aumentan y la de C disminuye.
- Ecuación de Arrhenius  $\Rightarrow$  un aumento de temperatura aumenta la constante de velocidad  $\Rightarrow$  la velocidad de la reacción directa aumenta.
- La constante de equilibrio depende solo de la temperatura  $\Rightarrow$  un aumento de volumen no cambia el valor de la constante de equilibrio. El sistema evoluciona hacia donde hay mayor número de moles gaseosos (Le Chatelier), en este caso hacia los reactivos  $\Rightarrow$  El número de moles de A y B aumenta y el número de moles de C disminuye.
- $\Delta H_{r,i} = -\Delta H_{r,d} = 150 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ;  $E_{a,i} = E_{a,d} + \Delta H_{r,i} = 85 + 150 = 235 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ . La energía de activación para la reacción inversa es mucho mayor que para la directa  $\Rightarrow$  la constante de velocidad inversa será menor.

- 49. 2011\_S<sub>A5</sub>** Cuando se ponen 0,7 moles de  $\text{N}_2\text{O}_4$  en un reactor de 10 L a 359 K se establece el equilibrio:  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2(\text{g})$  y la presión es de 3,3 atm. Calcula:
- La concentración molar de todas las especies en el equilibrio.
  - El valor de  $K_c$ .
  - Si el sistema se comprime hasta reducir el volumen a 8 L ¿cuál sería la presión total en el equilibrio?
- Dato.  $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

**SOLUCIÓN**

- $$\begin{array}{ccccccc} \text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) & \rightleftharpoons & 2 \text{NO}_2(\text{g}) & & & & \\ n_{\text{eq}} & 0,7-x & 2x & n_t = 0,7+x & & & \\ p\cdot V = n_t\cdot R\cdot T; n_t = 3,3 \times 10 / (0,082 \times 359) = 1,12 \text{ mol} & \Rightarrow & x = 0,42 \text{ mol} & [\text{N}_2\text{O}_4] = 0,028 \text{ M}; & [\text{NO}_2] = 0,084 \text{ M}. & & \end{array}$$
- $K_c = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]} = \frac{(0,084)^2}{0,028} = 0,25$
- $K_c = \frac{(2x'/V)^2}{(0,7-x')/V} = \frac{(2x')^2}{8(0,7-x')} \Rightarrow x' = 0,39 \text{ mol} \Rightarrow n'_t = 1,09 \quad p = 1,09 \times 0,082 \times 359 / 8 = 4,01 \text{ atm}$

- 50. 2011\_S<sub>B2</sub>** El hidróxido de magnesio es poco soluble en agua ( $K_{ps} = 1,8\cdot 10^{-11}$ ).
- Formula el equilibrio de disolución del hidróxido de magnesio y escribe la expresión para  $K_{ps}$ .
  - Calcula la solubilidad en  $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ .
  - ¿Cómo afectaría a la solubilidad la adición de ácido clorhídrico?
  - ¿Cómo afectaría a la solubilidad la adición de cloruro de magnesio?
- 51. 2011\_J<sub>A5</sub>** En un recipiente de 5 L se introducen 3,2 g de  $\text{COCl}_2$  a 300 K. Cuando se alcanza el equilibrio  $\text{COCl}_2 \rightleftharpoons \text{CO} + \text{Cl}_2$ , la presión final es de 180 mm de Hg. Calcula:
- Las presiones parciales de  $\text{COCl}_2$ ,  $\text{CO}$  y  $\text{Cl}_2$  en el equilibrio.
  - Las constantes de equilibrio  $K_p$  y  $K_c$ .
- Datos.  $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ;  $\text{Ar}(\text{C}) = 12 \text{ u}$ ;  $\text{Ar}(\text{O}) = 16 \text{ u}$ ;  $\text{Ar}(\text{Cl}) = 35,5 \text{ u}$   
*Sol: a)  $P_p(\text{COCl}_2) = P_p(\text{CO}) = P_p(\text{Cl}_2) = 59,83 \text{ mm Hg}$ ; b)  $K_p = 7,87\cdot 10^{-2}$ ;  $K_c = 3,2\cdot 10^{-3}$ .*

- 52. 2011\_M<sub>A5</sub>** A 532 K se introducen 0,1 moles de  $\text{PCl}_5$  en un recipiente X de 1,2 L y 0,1 moles en otro recipiente Y. Se establece el equilibrio  $\text{PCl}_5 \rightleftharpoons \text{PCl}_3 + \text{Cl}_2$ , y la cantidad de  $\text{PCl}_5$  se reduce un 50% en el recipiente X y un 90% en el recipiente Y. Todas las especies se encuentran en fase gaseosa. Calcule:
- La presión en el equilibrio en el recipiente X.
  - La constante de equilibrio  $K_c$ .
  - El volumen del recipiente Y.
  - La presión en el equilibrio en el recipiente Y.
- Datos.  $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ .
- Sol: a)  $P_x = 5,45 \text{ atm}$ ; b)  $K_c = 0,042$ ; c)  $V_y = 19,3 \text{ L}$ ; d)  $P_y = 0,43 \text{ atm}$ .*

- 53. 2011\_M<sub>B2</sub>** En sendos recipientes R1 y R2, de 1 L cada uno, se introduce 1 mol de los compuestos A y B, respectivamente. Se producen las reacciones cuya información se resume en la tabla: Justifique las siguientes afirmaciones, todas ellas verdaderas.

	Reacción	Concentración inicial	Ecuación cinética reacción directa	Constante cinética	Constante de equilibrio
R1	$A \rightleftharpoons C + D$	$[A]_0 = 1 \text{ M}$	$v_1 = k_1 [A]$	$k_1 = 1 \text{ s}^{-1}$	$K_1 = 50$
R2	$B \rightleftharpoons E + F$	$[B]_0 = 1 \text{ M}$	$v_2 = k_2 [B]$	$k_2 = 100 \text{ s}^{-1}$	$K_2 = 2\cdot 10^{-3}$

- La velocidad inicial es mucho menor en R1 que en R2.
- Cuando se alcance el equilibrio, la concentración de A será menor que la de B.
- Una vez alcanzado el equilibrio, tanto A como B siguen reaccionando, pero a velocidad inferior a la velocidad inicial.
- Para las reacciones inversas en R1 y R2 se cumple  $k_{-1} < k_{-2}$

- 54. 2010\_JGA.** En un reactor se introducen 5 moles de tetraóxido de dinitrógeno gaseoso, que tiene en el recipiente una densidad de  $2,3 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ . Este compuesto se descompone según la reacción  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2(\text{g})$ , y en el equilibrio a  $325 \text{ K}$  la presión es  $1 \text{ atm}$ . Determine en estas condiciones:
- El volumen del reactor.
  - El número de moles de cada componente en el equilibrio.
  - El valor de la constante de equilibrio  $K_p$
  - El valor de la constante de equilibrio  $K_c$

Datos.  $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ; Masas atómicas:  $\text{N} = 14$ ;  $\text{O} = 16$

Sol: a)  $V = 200 \text{ L}$ ; b)  $2,5 \text{ moles N}_2\text{O}_4$  y  $5 \text{ moles NO}_2$ ; c)  $K_p = 0,162 \text{ atm}$ ; d)  $K_c = 6,078 \text{ M}$ .

- 55. 2010\_JEA.** - Se parte de  $150 \text{ g}$  de ácido etanoico, y se quieren obtener  $176 \text{ g}$  de etanoato de etilo por reacción con etanol.
- Escriba la reacción de obtención del etanoato de etilo indicando de qué tipo es.
  - Sabiendo que  $K_c$  vale  $5$ , calcule los gramos de alcohol que hay que utilizar.
  - Calcule las fracciones molares de cada uno de los 4 compuestos presentes en el equilibrio.

Datos. Masas atómicas:  $\text{C} = 12$ ;  $\text{O} = 16$ ;  $\text{H} = 1$

SOLUCIÓN

a) Reacción de esterificación. Adición con eliminación

$$\text{CH}_3 - \text{COOH} + \text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{OH} \leftrightarrow \text{CH}_3 - \text{COO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$$

Ac. Etanoico                      Etanol                      Etanoato de etilo                      Agua

b) Se trata de un equilibrio de esterificación en el que se conocen los moles iniciales del ácido, los moles en el equilibrio del ester y la constante de equilibrio. Si denominamos por  $x$  a los moles de alcohol iniciales y por  $y$ , a los moles de ácido y alcohol que reaccionan:

$$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2 + \text{C}_2\text{H}_6\text{O} \rightleftharpoons \text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$$

	2,5	x	—	—		$n(\text{Ácido})_0 = \frac{150 \text{ g}}{60 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}} = 2,5 \text{ mol}$	$n(\text{Ester})_0 = \frac{176 \text{ g}}{88 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}} = 2 \text{ mol}$
Iniciales (mol)							
Equilibrio (mol)	2,5 - y	x - y	y	y			

Aplicando la ley de acción de masas al equilibrio:  $K_c = \frac{|\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2| \cdot |\text{H}_2\text{O}|}{|\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2| \cdot |\text{C}_2\text{H}_6\text{O}|} = \frac{y \cdot y}{(2,5 - y) \cdot (x - y)} = 5 = \frac{4}{0,5 \cdot (x - 2)}$        $x = 3,6 \text{ mol de C}_2\text{H}_6\text{O}$ .

c) Conocidos los moles de todos los componentes en el equilibrio, se calculan las fracciones molares.  $\chi_i = \frac{n_i}{n_T}$

$$n_T = 0,5 + 1,6 + 2 + 2 = 6,1$$

$$\chi(\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2) = \frac{n(\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2)}{n_T} = \frac{0,5}{6,1} = 0,0820$$

$$\chi(\text{C}_2\text{H}_6\text{O}) = \frac{n(\text{C}_2\text{H}_6\text{O})}{n_T} = \frac{1,6}{6,1} = 0,2623$$

$$\chi(\text{H}_2\text{O}) = \frac{n(\text{H}_2\text{O})}{n_T} = \frac{2}{6,1} = 0,3279 = \chi(\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2)$$

$$3,6 \text{ mol} \cdot 46 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 165,6 \text{ g}$$

- 56. 2010\_SBI.** La descomposición:  $2 \text{NaHCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g})$ , es un proceso endotérmico.
- Escriba la expresión para la constante de equilibrio  $K_p$  de la reacción indicada.
  - Razone cómo afecta al equilibrio un aumento de la temperatura.
  - Razone cómo afecta a la cantidad de  $\text{CO}_2$  desprendido un aumento de la cantidad de  $\text{NaHCO}_3$
  - Justifique cómo afecta al equilibrio la eliminación del  $\text{CO}_2$  del medio.
- 57. 2010\_JGB.** Considerando el equilibrio entre el oxígeno molecular y el ozono, de acuerdo a la reacción:  $3 \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{O}_3(\text{g})$ , cuya entalpía de reacción  $\Delta H_r = 284 \text{ kJ}$ , justifique:
- El efecto que tendría sobre el equilibrio un aumento de la presión del sistema.
  - El efecto que tendría sobre la cantidad de ozono en el equilibrio una disminución de la temperatura.
  - El efecto que tendría sobre el equilibrio la adición de un catalizador.
  - El efecto que tendría sobre la constante de equilibrio  $K_p$  añadir más ozono al sistema.
- 58. 2010\_JEB.** El dióxido de nitrógeno es un gas de color rojizo que reacciona consigo mismo (se dimeriza) para dar lugar al tetraóxido de dinitrógeno, que es un gas incoloro. Se ha comprobado que una mezcla a  $0^\circ\text{C}$  es prácticamente incolora mientras que a  $100^\circ\text{C}$  tiene color rojizo. Teniendo esto en cuenta:
- Escriba la reacción que tiene lugar.
  - Justifique si la reacción es exotérmica o endotérmica.
  - ¿Qué cambio de color se apreciará a  $100^\circ\text{C}$  si se aumenta la presión del sistema?
  - Justifique si se modificará el color de la mezcla si, una vez alcanzado el equilibrio, se añade un catalizador.
- 59. 2009\_MA.** Dado el equilibrio  $\text{C}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$ , justifique si son verdaderas o falsas las afirmaciones:
- La expresión de la constante de equilibrio  $K_p$  es:  $K_p = p(\text{CO}) \cdot p(\text{H}_2) / \{ p(\text{C}) \cdot p(\text{H}_2\text{O}) \}$
  - Al añadir más carbono, el equilibrio se desplaza hacia la derecha.
  - En esta reacción, el agua actúa como oxidante.
  - El equilibrio se desplaza hacia la izquierda cuando aumenta la presión total del sistema.
- 60. PAU-09MB.** Una mezcla de  $2 \text{ moles de N}_2$  y  $6 \text{ moles de H}_2$  se calienta hasta  $700^\circ\text{C}$  en un reactor de  $100 \text{ L}$ , estableciéndose el equilibrio  $\text{N}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$ . En estas condiciones se forman  $48,28 \text{ g}$  de amoníaco en el reactor. Calcule:
- La cantidad en gramos de  $\text{N}_2$  y de  $\text{H}_2$  en el equilibrio.
  - La constante de equilibrio  $K_c$ .
  - La presión total en el reactor cuando se ha alcanzado el equilibrio.

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

Sol: a)  $16,24 \text{ g N}_2$  y  $3,48 \text{ g de H}_2$ ; b)  $K_c = 26397$ ; c)  $P_{\text{Total}} = 4,12 \text{ atm}$ .