

- 2020_M_{A3}.** Se establece el equilibrio $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ calentando 10,4 g de pentacloruro de fósforo a 150 °C en un recipiente de 1 L y se observa que la presión total que se alcanza en el equilibrio es 1,91 atm.

 - Calcule las concentraciones molares de todas las especies en el equilibrio.
 - Calcule las constantes del equilibrio K_c y K_p.
 - Justifique cómo afecta a la disociación de PCl₅ un aumento de la presión del sistema, por reducción de volumen, a T=cte.

Datos. R = 0,082 atm·L·mol⁻¹·K⁻¹. Masas atómicas: P = 31,0; Cl = 35,5.
Sol: [PCl₅] = 0,045 M; [PCl₃] = [Cl₂] = 5·10⁻³ b) K_c = 5,6·10⁻⁴ K_p = 0,019; c) disminuye la disociación del PCl₅
- 2020_M_{B3}.** Para la reacción endotérmica: $\text{Sb}_2\text{O}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{Sb}_2\text{O}_3(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$, explique cómo evoluciona el equilibrio en cada caso.

 - Disminución de la presión a temperatura constante.
 - Adición de Sb₂O₃ a volumen y temperatura constantes.
 - Adición de un catalizador a presión y temperatura constantes.
 - Aumento de la temperatura

Sol: Hacia la derecha; b) hacia la izquierda; c) el sistema se mantiene; d) hacia la derecha
- 2020_M_{B5}.** Una disolución contiene iones fluoruro y sulfato en concentración de 10⁻² mol·L⁻¹ de cada ion. A dicha disolución se añade progresivamente otra que contiene iones bario.

 - Escriba los equilibrios de solubilidad de cada sal.
 - Calcule la solubilidad de cada una de ellas en g·L⁻¹
 - Calcule la concentración de iones bario que debe haber en la disolución para que empiece a precipitar cada sal.
 - Indique, razonadamente, cuál será el orden de precipitación.

Datos. K_s (fluoruro de bario) = 2·10⁻⁶; K_s (sulfato de bario) = 10⁻¹⁰. Masas atómicas: O = 16,0; F = 19,0; S = 32,0; Ba = 137,3.
Sol: Ba²⁺(ac) + 2 F⁻(ac) ⇌ BaF₂(s); Ba²⁺(ac) + SO₄²⁻(ac) ⇌ BaSO₄(s); b) s (BaF₂) = 1,4 g/L, s (BaSO₄) = 2,3·10⁻³ g/L; c) 0,02 M y 10⁻⁸ M; d) primero BaSO₄ y después BaF₂
- 2019_JL_{A5}.** Cuando se calienta SOCl₂ en un recipiente de 1 L a 375 K, se establece el equilibrio: $\text{SOCl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{SO}(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$, encontrándose 0,037 mol de SO y una presión total de 3 atm.

 - Calcule la concentración inicial de SOCl₂ expresada en molaridad.
 - Determine el valor de K_c y K_p.
 - Explique si se modifica el equilibrio por un aumento de la presión total, debido a una disminución del volumen y manteniendo la temperatura constante. Dato. R = 0,082 atm·L·mol⁻¹·K⁻¹

Sol: a) 0,061 M; b) K_c = 0,057, K_p = 1,75; c) hacia la izquierda
- 2019_JL_{B2}.** El dióxido de nitrógeno se obtiene mediante la reacción exotérmica: $2 \text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2(\text{g})$. En un reactor se introducen los reactivos a una determinada presión y temperatura. Justifique si son verdaderas o falsas estas afirmaciones:

 - La cantidad de NO₂ formado es menor al disminuir la temperatura.
 - La oxidación está favorecida a presiones altas.
 - Debido a la estequiometría de la reacción, la presión en el reactor aumenta a medida que se forma NO₂.
 - Un método para obtener mayor cantidad de dióxido de nitrógeno es aumentar la presión parcial de oxígeno.
- 2019_JL_{B4}.** Se dispone de 100 mL de una disolución que contiene 0,194 g de K₂CrO₄ a la que se añade 100 mL de otra disolución que contiene iones Ag⁺. Considere que los volúmenes son aditivos.

 - Calcule la concentración inicial, expresada en molaridad, de iones cromato, presentes en la disolución antes de que se alcance el equilibrio de precipitación. Escriba el equilibrio de precipitación.
 - Determine la solubilidad de la sal formada en mol·L⁻¹ y g·L⁻¹.
 - Calcule la concentración mínima de iones Ag⁺ necesaria para que precipite la sal.
 - Si a una disolución que contiene la misma concentración de iones SO₄²⁻ e iones CrO₄²⁻ se le añaden iones Ag⁺, justifique, sin hacer cálculos, qué sal precipitará primero.

Datos. K_s (Ag₂CrO₄) = 1,9 · 10⁻¹²; K_s (Ag₂SO₄) = 1,6 · 10⁻⁵. Masas atómicas: O = 16; K = 39; Cr = 52; Ag = 108
Sol: a) 0,01 M; b) s = 0,026 g/L; c) 1,56·10⁻⁴ M; d) primero Ag₂CrO₄
- 2019_J_{A4}.** En un reactor químico a 182°C y 1 atm de presión el SbCl₅ está disociado en un 29,2% según la reacción: $\text{SbCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{SbCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$.

 - Calcule las presiones parciales de cada gas en el equilibrio.
 - Calcule las constantes de equilibrio K_p y K_c.
 - Justifique si se modifica el equilibrio al realizar la reacción a la misma temperatura y a una presión menor de 1 atm.
 - Indique si se modifica el equilibrio al añadir un catalizador. Justifique la respuesta.

Datos: R = 0,082 atm·L·mol⁻¹·K⁻¹
Sol: a) P (SbCl₅) = 0,55 atm, P (SbCl₃) = P (Cl₂) = 0,23 atm; b) K_p = 0,093, K_c = 2,5·10⁻³; c) a la derecha; d) no hay cambios

8. 2019_JB3. La constante de solubilidad del dicloruro de plomo es $1,6 \cdot 10^{-5}$.

- Formule el equilibrio de solubilidad del dicloruro de plomo en agua.
- Determine la solubilidad del dicloruro de plomo en agua en molaridad y $g \cdot L^{-1}$.
- Justifique cómo afecta a la solubilidad del dicloruro de plomo la adición de cloruro de potasio.

Datos. Masas atómicas: Cl = 35,5; Pb = 207,2.

Sol: a) $PbCl_2(s) \rightleftharpoons Pb^{2+}(ac) + 2 Cl^{-}(ac)$; b) $s=0,0159 M, 4,4 g/L$; c) disminuye la solubilidad

9. 2019_MA2. 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: $Ag_2CrO_4(s) \rightleftharpoons 2 Ag^{+}(ac) + CrO_4^{2-}(ac)$; $K_s = 8,8 \cdot 10^{-12}$; Si, ya que $Q = 0,011 > 8,8 \cdot 10^{-12}$

10. 2019_MB5. 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.
- K_c y K_p .
- Las concentraciones molares de todas las sustancias en el equilibrio.

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

Sol: $p(AsCl_3) = p(Cl_2) = 0,23 \text{ atm}$; $p(AsCl_5) = 0,55 \text{ atm}$; b) $K_c = 2,6 \cdot 10^{-3}$; $K_p = 0,096$; c) $[AsCl_5] = 0,015 M$, $[AsCl_3] = [Cl_2] = 0,0062 M$

11. 2018_MB4 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 $K_p = 0,42$. Calcule:

- La constante K_c
- 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: $K_c = 0,0059$; $p_A = p_B = 3,11 \text{ atm}$, $p_C = 4,04 \text{ atm}$; hacia la derecha

12. 2018_SA4 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, $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2 HI(g)$, hay 8,6 mol de yoduro de hidrógeno gaseoso. La entalpía de la reacción es $\Delta H = -10,83 \text{ kJ}$.

- Indique cómo se modifica el equilibrio al aumentar la temperatura.
- Calcule la constante de equilibrio K_c .
- Calcule la presión parcial de hidrógeno en el equilibrio.

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

Sol: el equilibrio se desplaza hacia la izquierda; $K_c = 39,13$; $p(H_2) = 6,90 \text{ atm}$

13. 2018_JA4 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.
- K_p y K_c .

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

Sol: $p(AB_3) = 0,066 \text{ atm}$; $p(AB_2) = 0,123 \text{ atm}$; $p(B_2) = 0,061 \text{ atm}$; $K_p = 0,461$; $K_c = 0,0933$

14. 2018_JCA5 En un recipiente cerrado de 10 L se mezcla HI, I_2 e H_2 . Sus presiones parciales iniciales son $p(HI) = 0,7 \text{ atm}$, $p(I_2) = 0,02 \text{ atm}$ y $p(H_2) = 0,02 \text{ atm}$. Se calienta a 700 K estableciéndose el siguiente equilibrio: $2 HI(g) \rightleftharpoons I_2(g) + H_2(g)$.

- Calcule el valor de K_p sabiendo que la presión parcial en el equilibrio de HI es de 0,64 atm.
- Calcule el valor de K_c 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 I_2	mol H_2
1	1	0,1	0,1
2	10	0,1	0,1
3	1	0,078	0,078

15. 2018_JCB4 Para una disolución acuosa conteniendo iones Mg^{2+} y Ca^{2+} 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. $K_s: Mg(OH)_2 = 5 \cdot 10^{-11}$; $Ca(OH)_2 = 1,1 \cdot 10^{-6}$

Sol: $Mg(OH)_2 \rightleftharpoons Mg^{2+}(ac) + 2OH^{-}(ac)$; $Ca(OH)_2 \rightleftharpoons Ca^{2+}(ac) + 2OH^{-}(ac)$; b) precipita primero $Mg(OH)_2$; aumenta la solubilidad de ambos

- 16. 2017_JA4** En un matraz de 2 L se introducen 0,5 mol de A_2 y 1,0 mol de B_2 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_2 .
- Sabiendo que para esta reacción $\Delta H > 0$, proponga justificadamente dos formas diferentes de aumentar su rendimiento sin añadir más cantidad de reactivos.
 - Calcule K_p .
- Dato. $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
Sol: aumentar T^a y aumentar la presión; $K_p = 0,02$
- 17. 2017_JCA5** La reacción de síntesis del CH_3OH en estado gaseoso es $CO + H_2 \rightleftharpoons CH_3OH$. Se introducen en un reactor 1 mol de CO y 2 mol de H_2 , 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_p . ¿Coinciden los valores numéricos de K_p y K_c ? Razone la respuesta.
 - Cómo afecta a la concentración de metanol un aumento de volumen a temperatura constante.
- Dato. $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.
- 18. 2017_JCB4** A una disolución de K_2SO_4 se le añade una disolución de $CaBr_2$.
- Formule el equilibrio de precipitación resultante.
 - Determine la solubilidad del $CaSO_4$ en $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ y $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$.
 - Justifique cómo afecta la adición de otro sulfato a la mezcla de disoluciones del enunciado.
 - Si a una disolución que contiene iones Ca^{2+} y Ba^{2+} en igual concentración se le hacen adiciones sucesivas de la disolución de K_2SO_4 , justifique qué sal precipitará primero.
- Datos. $K_s(CaSO_4) = 5 \cdot 10^{-5}$; $K_s(BaSO_4) = 1,1 \cdot 10^{-10}$. Masas atómicas: O = 16; S = 32; Ca = 40
Sol: $Ca^{2+} + SO_4^{2-} \rightarrow CaSO_4 \downarrow$; b) $s = 7,07 \cdot 10^{-3} M = 0,96 \text{ g/L}$; precipita primero la de menor K_{ps} , el $BaSO_4$
- 19. 2017_JSA3** Para la reacción elemental $A(g) + 2 B(g) \rightarrow 3 C(g)$:
- 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?
- 20. 2017_SA4** 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. $K_s(\text{yoduro de plomo(II)}) = 1,0 \cdot 10^{-8}$; $K_s(\text{sulfuro de plomo(II)}) = 4,0 \cdot 10^{-29}$
Sol: $Pb^{2+}(ac) + 2I^{-}(ac) \rightleftharpoons PbI_2(s)$; $Pb^{2+}(ac) + S^{2-}(ac) \rightleftharpoons PbS(s)$; $s(PbI_2) = 1,4 \cdot 10^{-3} M$ $s(PbS) = 6,3 \cdot 10^{-15} M$;
- 21. 2017_SB4** Para la reacción $CO(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO_2(g) + H_2(g)$, $K_c = 5$ a 530°C. Se hacen reaccionar 2,0 mol de CO con 2,0 mol de H_2O .
- Calcule la composición molar en el equilibrio.
 - Prediga razonadamente qué ocurrirá si se añade 1 mol de H_2 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 T^a y el empleo de un catalizador.
- Sol: a) 1,38 mol CO_2 ; 0,62 mol CO y de H_2O ; b) 1,25 mol CO_2 2,25 mol H_2 , 0,75 mol CO y de H_2O*
- 22. 2017_SCA5** Se introduce NOBr en un recipiente de 2 L a 25°C. Cuando se establece el equilibrio $NOBr(g) \rightleftharpoons NO(g) + \frac{1}{2} Br_2(g)$, 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_p y K_c a esa temperatura. Dato. $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
- Sol: 0,0171 M; $K_p = 0,191$; $K_c = 3,87 \cdot 10^{-2}$*
- 23. 2017_SCB2** Para la síntesis del amoníaco, $N_2(g) + 3 H_2(g) \rightleftharpoons 2 NH_3(g)$, 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 afirmaciones:
- La reacción de obtención de NH_3 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

24. 2017_SCB4 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⁻¹ y en g·L⁻¹, la solubilidad de las sales que precipitan.
- ¿Qué tipo de disolución podría añadirse para disminuir la solubilidad de ambas sales?

Datos. $K_s(\text{AgBr}) = 5,0 \cdot 10^{-13}$; $K_s(\text{Ag}_2\text{CrO}_4) = 1,9 \cdot 10^{-12}$. Masas atómicas: O = 16; Cr = 52; Br = 80; Ag = 108



25. 2016_SA2 Considere el equilibrio: $\text{X}(\text{g}) + 2 \text{Y}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{Z}(\text{g})$ con $\Delta H < 0$. Si la presión disminuye, la temperatura aumenta y se añade un catalizador, justifique si los siguientes cambios son verdaderos o falsos.

- La velocidad de la reacción aumenta.
- La constante de equilibrio aumenta.
- La energía de activación disminuye.
- La concentración de Z en el equilibrio disminuye

26. 2016_SA3 La solubilidad del hidróxido de cobre(II) en agua es $9,75 \cdot 10^{-6} \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$

- Escriba el equilibrio de solubilidad del hidróxido de cobre(II) en agua.
- Calcule su solubilidad molar.
- Calcule el producto de solubilidad del hidróxido de cobre(II).
- Justifique cómo varía la solubilidad del hidróxido de cobre(II) si se añade una disolución de hidróxido de sodio.

Datos. Masas atómicas: H = 1,0; O = 16,0; Cu = 63,5



27. 2016_SB4 El yoduro de hidrógeno se descompone según: $2 \text{HI}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g})$, siendo $K_c = 0,0156$ a 400°C . Se introducen 0,6 mol de HI en un matraz de 1 L de volumen y se calientan hasta 400°C , dejando que el sistema alcance el equilibrio. Calcule:

- La concentración de cada especie en el equilibrio
 - El valor de K_p .
 - La presión total en el equilibrio.
- Dato. $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

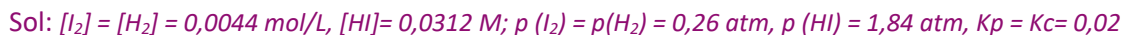


28. 2016_JB5 En un reactor de 5 L se introducen 0,2 mol de HI y se calientan hasta 720 K, estableciéndose el equilibrio:

$2 \text{HI}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g})$, con $K_c = 0,02$. La reacción directa es exotérmica.

- Calcule las concentraciones de todos los gases en el equilibrio.
- Calcule las presiones parciales de todos los gases en el equilibrio y el valor de K_p a 720 K.
- ¿Cómo se modificaría el equilibrio al disminuir la temperatura? ¿Y si se duplicara el volumen del reactor?

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

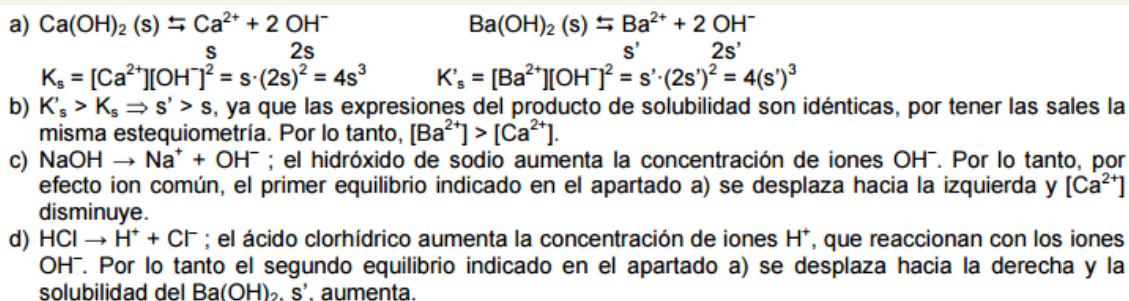


29. 2016_MB3 En un recipiente A se introduce 1 mol de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sólido y en otro recipiente B 1 mol de $\text{Ba}(\text{OH})_2$ sólido, y se añade la misma cantidad de agua a cada uno de los recipientes.

- Formule los equilibrios heterogéneos de disociación de estas bases y escriba las expresiones para sus constantes del producto de solubilidad en función de las solubilidades correspondientes.
- Justifique, sin hacer cálculos, en qué disolución la concentración molar del catión es mayor.
- Justifique cómo se modifica la concentración de Ca^{2+} en disolución si al recipiente A se le añade NaOH sólido.
- Justifique si se favorece la solubilidad del $\text{Ba}(\text{OH})_2$ si al recipiente B se le añade ácido clorhídrico.

Datos. Productos de solubilidad: $\text{Ca}(\text{OH})_2 = 10^{-5}$; $\text{Ba}(\text{OH})_2 = 10^{-2}$.

SOLUCIÓN



30. 2016_MA2 En un reactor de 1 L se establece el siguiente equilibrio entre gases: $\text{NO}_2 + \text{SO}_2 \rightleftharpoons \text{NO} + \text{SO}_3$. Si se mezclan 1 mol de NO_2 y 3 mol de SO_2 , al llegar al equilibrio se forman 0,4 mol de SO_3 y la presión es de 10 atm.

- Calcule la cantidad (en moles) de cada gas y sus presiones parciales en el equilibrio.
- Determine los valores de K_p y K_c para esta reacción.
- Justifique cómo se modifica el valor de K_p si la presión total aumenta. ¿Y el equilibrio?



31. 2015_S_{A2} Indique si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones, justificando su respuesta:

- Una reacción espontánea nunca puede ser endotérmica.
- Cuando aumenta la Tª en un equilibrio exotérmico, la constante de velocidad de la reacción directa disminuye.
- En una reacción entre gases del tipo $A + 2B \rightarrow 2C$, los valores de K_c y K_p son iguales.
- En una reacción entre gases del tipo $A + 2B \rightarrow 2C + D$, un aumento en la presión del recipiente a temperatura constante no modifica la cantidad de reactivos y productos presentes en el equilibrio.

32. 2015_S_{B3} 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 Tª 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

33. 2015_J_{CA5} 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°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. $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

34. 2015_J_{A3} Considere los siguientes compuestos y sus valores de K_s (a 25°C) indicados en la tabla:

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	$K_s = 8,7 \times 10^{-9}$

- Formule cada uno de sus equilibrios de solubilidad.
- Justifique el orden creciente, de la solubilidad molar de estos compuestos.

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

35. 2015_J_{B4} 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 2 NO_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: $K_c = 0,01$; $x(N_2O_4) = 0,67$; $x(NO_2) = 0,33$; $P_{\text{Total}} = 1,5 \text{ atm}$

36. 2015_M_{A5} 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 $\alpha \downarrow \alpha' = 0,11$

37. 2014_M_{A5} 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 ΔH de la reacción.
- Deduzca el signo que tendrá ΔS 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 | $2x = 1,6$; $x = 0,8 \text{ mol}$; |
| n_{eq} | $1 - x$ | $3 - 3x$ | $2x$ | $n_A = 0,2 \text{ mol}$; $n_B = 0,6 \text{ mol}$; $n_C = 1,6 \text{ mol}$; $n_{\text{tot}} = 2,4 \text{ mol}$ |
- $p_{\text{tot}} = 2,4 \times 0,082 \times 350 / 5 = 13,8 \text{ atm}$; $p_A = (0,2 / 2,4) \times 13,8 = 1,15 \text{ atm}$; $p_B = (0,6 / 2,4) \times 13,8 = 3,45 \text{ atm}$;
 $p_C = (1,6 / 2,4) \times 13,8 = 9,2 \text{ atm}$; $K_p = p_C^2 / (p_A \cdot p_B^3) = 1,79$.
- 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: $\Delta H < 0$.
 - $\Delta S < 0$ al ser una reacción entre gases en la que disminuye el número de moles gaseosos al pasar de reactivos a productos.
 - $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$. 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 $|\Delta H| < |T\Delta S|$.

38. 2014_S_{A2} 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) $\text{O}_3 \text{ (g)} \rightleftharpoons \text{O}_2 \text{ (g)}$

39. 2014_M_{B5} 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 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 HCl = $3 \times$ moles $\text{Fe(OH)}_3 = 0,3 \text{ mol}$; masa HCl puro = $0,3 \times (35,5 + 1) = 10,95 \text{ g}$; $V_{\text{HCl comercial}} = 10,95 \times (100 / 36) / 1,13 = 26,9 \text{ cm}^3$.

40. 2014_S_{B4} En el siguiente sistema en equilibrio: $\text{CO (g)} + \text{Cl}_2 \text{ (g)} \rightleftharpoons \text{COCl}_2 \text{ (g)}$, las concentraciones de CO, Cl_2 y 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) $[\text{CO}] = [\text{Cl}_2] = 0,74 \text{ M}$, $[\text{COCl}_2] = 2,76 \text{ M}$

41. 2014_J_{CB5} 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 SO_2 gas y la cantidad de NO_2 gas necesaria para que la presión total en el equilibrio alcance un valor de 0,77 atm. La cantidad de SO_3 en el equilibrio es de 0,04 mol.

- a) Calcule la concentración inicial de 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.

42. 2014_J_{A3} 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

43. 2014_J_{B3} 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 SbOCl un aumento en la cantidad de HCl.
 b) Razone cómo afecta a la cantidad de SbOCl un aumento en la cantidad de 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 .

44. 2013_S_{A4} Se introduce fosgeno (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 $4,63 \cdot 10^{-3}$; 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) $p(\text{Cl}_2) = p(\text{CO}) = 0,33 \text{ atm}$, $p(\text{COCl}_2) = 0,57 \text{ atm}$

45. 2013_S_{B2} 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.

46. 2013_JA5 El valor de 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) $p(H_2)=p(F_2)= 2,41 \text{ atm}$; c) $K_p = 6,6 \cdot 10^{-4}$

47. 2013_JB2 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

48. 2013_MA1 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.

49. 2013_MB2 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

50. 2013_MB4 En un recipiente de 15 L 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. $R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

Sol: a) $[A]=0,133 \text{ M}$; $[B]=[C]= 0,1 \text{ M}$; b) $P_T=10,9 \text{ atm}$; c) $K_c = 0,565$ y $K_p = 0,565$

51. 2012_SA2 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.

52. 2012_SA5 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.
- Calcula el valor de K_p .
- Cuando la temperatura aumenta al doble, aumenta K_c . Justifica el signo de ΔH para esta reacción.

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

Sol: $[N_2O_4] = 0,77 \text{ M}$; $[NO_2] = 0,06 \text{ M}$; $K_p = 0,113$; $\Delta H > 0$

53. 2012_SB2 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 $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$
- ¿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

54. 2012_JA5 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^a .

- Escriba la reacción de descomposición del pentacloruro de antimonio en cloro y tricloruro de antimonio.
- Calcule K_c para la reacción anterior. Dato. $R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
- Calcule la presión total de la mezcla en el equilibrio.

Sol: b) $K_c = 4,69 \cdot 10^{-3}$; c) $P_{eq} = 10,94 \text{ atm}$

55. 2012_M_{B2} 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 ΔH 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.

56. 2011_S_{A5} Cuando se ponen 0,7 moles de N_2O_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

- $$\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2(\text{g})$$

n_{eq}	$0,7-x$	$2x$	$n_t = 0,7+x$
-----------------	---------	------	---------------

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

57. 2011_S_{B2} 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?

58. 2011_J_{A5} En un recipiente de 5 L se introducen 3,2 g de 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 COCl_2 , CO y Cl_2 en el equilibrio.
- Las constantes de equilibrio K_p y K_c .

Datos. $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$; Ar (C) = 12 u; Ar (O) = 16 u; Ar (Cl) = 35,5 u
 Sol: a) $P_p(\text{COCl}_2) = P_p(\text{CO}) = P_p(\text{Cl}_2) = 59,83 \text{ mm Hg}$; b) $K_p = 7,87 \cdot 10^{-2}$; $K_c = 3,2 \cdot 10^{-3}$.

59. 2011_M_{A5} A 532 K se introducen 0,1 moles de PCl_5 en un recipiente X de 1,2 L y 0,1 moles en otro recipiente Y. Se establece el equilibrio $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$, y la cantidad de PCl_5 se reduce un 50% en el recipiente X y un 90% en el recipiente Y. 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) $P_Y = 0,43 \text{ atm}$.

60. 2011_M_{B2} 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 $k_{-1} < k_{-2}$

61. 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 K la presión es 1 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 moles NO_2 ; c) $K_p = 0,162 \text{ atm}$; d) $K_c = 6,078 \text{ M}$.

62. 2010_JEA. - Se parte de 150 g de ácido etanoico, y se quieren obtener 176 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. Masas at: $\text{C}=12$; $\text{O} = 16$; $\text{H} = 1$

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:

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

	$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$	$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$	$\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$	H_2O	
Iniciales (mol)	2,5	x	—	—	$n(\text{Ácido})_0 = \frac{150 \text{ g}}{60 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}} = 2,5 \text{ mol}$
Equilibrio (mol)	$2,5 - y$	$x - y$	y	y	$n(\text{Ester})_0 = \frac{176 \text{ g}}{88 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}} = 2 \text{ mol}$

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. $\chi_i = \frac{n_i}{n_T}$

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

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

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

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

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

63. 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 CO_2 desprendido un aumento de la cantidad de NaHCO_3
- Justifique cómo afecta al equilibrio la eliminación del CO_2 del medio.

64. 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.

65. 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°C es prácticamente incolora mientras que a 100°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°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.

66. 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.

67. PAU-09MB. Una mezcla de 2 moles de N_2 y 6 moles de H_2 se calienta hasta 700°C en un reactor de 100 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 N_2 y de 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) $P_{\text{Total}} = 4,12 \text{ atm}$.