

GUIA DE EJERCICIOS DE EQUILIBRIO QUÍMICO

Prof. Sergio Casas-Cordero E.

1. Escriba la expresión de la constante de equilibrio para las siguientes reacciones:

- $\text{Al(OH)}_3(\text{s}) \leftrightarrow \text{Al}^{3+}(\text{ac}) + 3 \text{OH}^{-}(\text{ac})$
- $2 \text{Cl}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \leftrightarrow 2 \text{Cl}_2\text{O}(\text{g})$
- $8 \text{H}_2(\text{g}) + \text{S}_8(\text{s}) \leftrightarrow 8 \text{H}_2\text{S}(\text{g})$
- $\text{CF}_4(\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \leftrightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 4 \text{HF}(\text{g})$
- $\text{HNO}_2(\text{ac}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \leftrightarrow \text{H}_3\text{O}^{1+}(\text{ac}) + \text{NO}_2^{-}(\text{ac})$
- $\text{HS}^{-}(\text{ac}) + \text{H}_3\text{O}^{1+}(\text{ac}) \leftrightarrow \text{H}_2\text{S}(\text{ac}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
- $6 \text{I}^{-}(\text{ac}) + 2 \text{MnO}_4^{-}(\text{ac}) + 4 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \leftrightarrow 3 \text{I}_2(\text{ac}) + \text{MnO}_2(\text{s}) + 8 \text{OH}^{-}(\text{ac})$

2. Escriba la relación entre K_p y K_c para las reacciones en fase gaseosa del problema anterior.

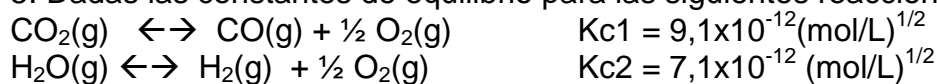
3. Para el equilibrio: $\text{Br}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \leftrightarrow 2\text{BrCl}(\text{g})$ a 400 K $K_c = 7,00$. Determine el valor de K_c para las siguientes reacciones:

- $2\text{BrCl}(\text{g}) \leftrightarrow \text{Br}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ R : 0,143
- $\frac{1}{2} \text{Br}_2(\text{g}) + \frac{1}{2} \text{Cl}_2(\text{g}) \leftrightarrow \text{BrCl}(\text{g})$ R : 2,65

4. A 700 °C, $K_c = 20,4 \text{ (L/mol)}^{1/2}$ para la reacción: $\text{SO}_2(\text{g}) + \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{g}) \leftrightarrow \text{SO}_3(\text{g})$

- ¿Cuál es el valor de K_c para la reacción; $\text{SO}_3(\text{g}) \leftrightarrow \text{SO}_2(\text{g}) + \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{g})$?
R: $0,0490 \text{ (mol/L)}^{1/2}$
- ¿Cuál es el valor de K_c para la reacción $2 \text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \leftrightarrow 2\text{SO}_3(\text{g})$?
R: $4,16 \times 10^2 \text{ L/mol}$
- ¿Cuál es el valor de K_p para la reacción b? R: $5,21 \text{ atm}^{-1}$

5. Dadas las constantes de equilibrio para las siguientes reacciones a 1000 °C:



Determine la constante de equilibrio K_c para la reacción:



6. Para la reacción $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \leftrightarrow 2\text{NO}_2(\text{g})$ $K_c = 5,80 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ a 25 °C.
Calcule K_c para la reacción; $4\text{NO}_2(\text{g}) \leftrightarrow 2\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ R: $2,97 \times 10^8 \text{ (L/mol)}^2$

CRITERIO Q

7. Para la reacción $2\text{NH}_3(\text{g}) \leftrightarrow \text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g})$ $K_c = 60 \text{ (mol/L)}^2$

Si un reactor contiene 0,15 mol/L de H_2 , 1,10 mol/L de N_2 y 0,472 mol/L de NH_3 . Calcule Q y determine si el sistema se encuentra en equilibrio, si no lo está ¿en que sentido deberá desplazarse la reacción a fin de alcanzarlo?

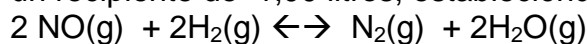
R: $Q_c = 1,67 \times 10^{-2} \text{ (mol/L)}^2$. Como $Q_c < K_c$ la reacción deberá desplazarse hacia la formación de N_2 y H_2

8. Para la reacción: $\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \leftrightarrow 2 \text{NO}(\text{g})$

El valor de $K_c = 0,020$ a 2870 °C. Si un recipiente de 1,00 litro a 2870 °C contiene 0,500 moles de O_2 , 0,800 moles de N_2 y 0,400 moles de NO . ¿El sistema se encuentra en equilibrio? De no ser así ¿hacia donde se desplazará la reacción a fin de alcanzarlo? ¿Cuáles serían las concentraciones de N_2 , O_2 y NO en el equilibrio?

R: $Q = 0,4 > K_c$ El sistema no está en equilibrio. Se debe desplazar de derecha a izquierda $[\text{NO}] = 0,11 \text{ mol/L}$, $[\text{N}_2] = 0,945 \text{ mol/L}$, $[\text{O}_2] = 0,645 \text{ mol/L}$

9. Una mezcla de 0,100 mol de NO, 0,0500 mol de H₂ y 0,100 mol de H₂O, se coloca en un recipiente de 1,00 litros, estableciéndose el siguiente equilibrio:



En el equilibrio se encontró que la concentración de NO era de 0,0620 mol/L. Calcule:

a) Las concentraciones de H₂, N₂ y H₂O en el equilibrio

R: [H₂] = 0,012M, [N₂] = 0,019 M [H₂O] = 0,138 M b) K_c R: 6,53x10² L/mol

10. Una mezcla de 1,374 g de H₂ y 70,31 g de Br₂ se calienta en un reactor de 2,00 litros a 700 K. Estas sustancias reacciona como sigue: H₂(g) + Br₂(g) ↔ 2HBr(g)

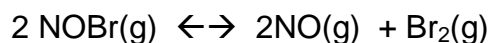
Una vez establecido el equilibrio se encuentra que el reactor contiene 0,566 g de H₂.

Calcule las concentraciones de todas las sustancias en el equilibrio y el valor de K_c

Datos: MM(H₂) = 2,00 g/mol M(Br₂)= 159,8 g/mol

R: [H₂] = 0,1415 M [Br₂] = 0,018 M [HBr] = 0,404 M y K_c = 64,08

11. En un recipiente de 2,0 litros se colocan a -55 °C 2,20 g de NOBr. El recipiente posteriormente es calentado a 200 °C, temperatura a la cual el NOBr se disocia en NO y Br₂, según la siguiente ecuación:



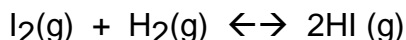
Un análisis del sistema determinó que la concentración de Br₂ en el equilibrio era de 0,0034 mol/L. Calcular K_p y K_c R: K_c = 0,01535 y K_p = 0,6

12. Para la reacción: PCl₅(g) ↔ PCl₃(g) + Cl₂(g) K_c = 33,3 mol/L a 760 °C. En un reactor se encuentran en equilibrio 1,29x10⁻³ mol/L de PCl₅ y 0,187 mol/L de Cl₂. Calcular:

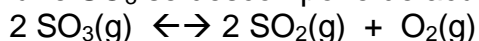
a) La concentración en el equilibrio de PCl₃ R: 2,30x10⁻¹ mol/L

b) La constante de equilibrio K_p para la reacción R: 2,82x10³ atm.

13. Se hacen reaccionar a 500 K, 6,00 g de hidrógeno, H₂ y 200 g de yodo I₂. Una vez alcanzado el equilibrio, un análisis del sistema indica que el recipiente contiene 64,0 g de HI. Calcule los moles de H₂, I₂ y HI presentes en la mezcla en equilibrio y la constante de equilibrio K_c para la reacción:



14. El trióxido de azufre SO₃ se descompone de acuerdo a la siguiente reacción:



3,50 g de SO₃ se colocaron en un reactor vacío de 1,00 litro y se calentaron a 100 °C. En el equilibrio 43,8 % del SO₃ se había descompuesto. Determine K_c para esta reacción a 100 °C. R: 5,82x10⁻³ mol/L

15. Para la reacción N₂O₄(g) ↔ 2 NO₂(g) K_c es igual a 7,07x10⁻³ mol/L a 300 K. Si en un reactor de 1,00 litros se introducen inicialmente 0,0500 moles de N₂O₄, ¿cuáles son las concentraciones en el equilibrio de N₂O₄ y NO₂?

16. Dada la siguiente reacción: Br₂(g) + I₂(g) ↔ 2 IBr (g) K_p = 322 a 350 K

Si bromo, a una presión parcial de 0,0500 atm., es mezclado con yodo, a una presión parcial de 0,0400 atm. y mantenidos a una temperatura de 350 K, hasta que el equilibrio es alcanzado, ¿cuáles son las presiones parciales de cada gas en el equilibrio?

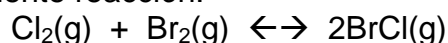
R: p_{Br₂} = 0,00116 atm p_{I₂} = 0,0016 atm p_{IBr} = 0,0768 atm

17. La constante de equilibrio K_c para la reacción CO(g) + Cl₂(g) ↔ COCl₂(g) tiene un valor de 4,6x10⁹ L/mol. Si 0,200 mol de COCl₂ son colocados en un reactor de 10,0 L a 100 °C ¿Cuáles son las concentraciones de todas las especies en el equilibrio? R: [COCl₂] = 0,200 mol/L [CO] = [Cl₂] = 6,59x10⁻⁶ mol/L

18. A una cierta temperatura $K_c = 7,50$ L/mol para la reacción: $2 \text{NO}_2(\text{g}) \leftrightarrow \text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$
 Si 2,00 moles de NO_2 se colocan en un reactor de 2,00L y se permite que reaccione,
 ¿Cuáles son las concentraciones de NO_2 y N_2O_4 en el equilibrio?
 R: $[\text{N}_2\text{O}_4] = 0,387$ mol/L, $[\text{NO}_2] = 0,226$ mol/L.

19. La constante de equilibrio K_c , para la reacción: $\text{Br}_2(\text{g}) + \text{F}_2(\text{g}) \leftrightarrow 2\text{BrF}$ tiene un valor de 55,3. ¿Cuáles son las concentraciones en el equilibrio de todos los gases, si las concentraciones iniciales de Br_2 y F_2 son de 0,180 mol/L?
 R: $[\text{Br}_2] = [\text{F}_2] = 0,038$ M, $[\text{BrF}] = 0,284$ M

20. El cloruro de bromo es un gas rojizo, con propiedades similares a las de cloro y se obtiene de acuerdo a la siguiente reacción:



¿Qué porcentaje de cloro reacciona, si 1,00 mol de Cl_2 y 1,00 mol de Br_2 , se colocan en un reactor de 5,00 litros y se permite que se alcance el equilibrio?
 K_c para la reacción tiene un valor de $4,70 \times 10^{-2}$? R: 10 %

PRODUCTO DE SOLUBILIDAD

21. A 25 °C, la solubilidad del fluoruro de bario, BaF_2 , en agua es 1,30 g/L. Calcule a esta temperatura:

- La solubilidad del fluoruro de bario expresada en mol/L.
- El valor de la constante del producto de solubilidad (K_{ps}) del fluoruro de bario.
- La solubilidad del fluoruro de bario, expresada en mol /L, en una disolución acuosa 0,500 M de fluoruro de sodio. R: a) $7,41 \times 10^{-3}$ M, b) $1,63 \times 10^{-6}$ M³, c) $6,52 \times 10^{-6}$ M

22. El cloruro de plata, AgCl , es una sal insoluble que tiene una K_{ps} (25 °C) = $2,8 \cdot 10^{-10}$. Calcular:

- la solubilidad molar. R: $[\text{Ag}^{1+}] = [\text{Cl}^{1-}] = 1,67 \times 10^{-5}$ M
- la solubilidad, del AgCl en una disolución 0,01 M de NaCl . R: $[\text{Ag}^{1+}] = 2,8 \times 10^{-8}$ M
- Razone si la solubilidad del AgCl en una disolución 0,005 M de cloruro de calcio será mayor, igual o menor a la calculada anteriormente. R: será la misma ya que el aporte de Cloruro que realiza la sal cloruro de calcio equivale a la misma concentración en cloruro que presenta la solución de cloruro de sodio.

23. Calcula los productos de solubilidad de los siguientes compuestos:

- Fluoruro de Estroncio, SrF_2 , siendo su solubilidad $7,3 \cdot 10^{-2}$ g/L. R: $7,85 \times 10^{-10}$ M³
- Fosfato de plata Ag_3PO_4 , siendo su solubilidad $6,7 \cdot 10^{-3}$ g/L. R: $1,77 \times 10^{-18}$ M⁴.

24. El producto de solubilidad del bromuro de plomo (II), PbBr_2 , es $8,9 \times 10^{-6}$. Determinar la solubilidad molar en:

- agua pura. R: $[\text{Pb}^{2+}] = 0,013$ M,
- una disolución de KBr 0.2 M. R: $[\text{Pb}^{2+}] = 2,225 \times 10^{-4}$ M
- una disolución de nitrato de plomo (II), $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, 0.20 M. R: $[\text{Br}^{1-}] = 6,67 \times 10^{-3}$ M

25. Si se añaden 20 mL de nitrato de bario 0.10 M a 50,0 mL de carbonato de sodio 0.10 M. ¿Precipitará carbonato de bario? K_{ps} del carbonato de bario, $\text{BaCO}_3 = 8,1 \times 10^{-9}$
 R: $Q = 2,04 \times 10^{-3}$, mucho mayor que K_{ps} , sí hay precipitación.

26. La solubilidad del Fosfato de cadmio, $\text{Cd}_3(\text{PO}_4)_2$, en agua es $1,2 \times 10^{-7}$ M.

- ¿Cuántos gramos hay disueltos en 1,3 litros de disolución? R: $6,326 \times 10^{-5}$ g
- ¿Cuánto vale el producto de solubilidad de esta sal? R: $K_{ps} = 2,687 \times 10^{-33}$.