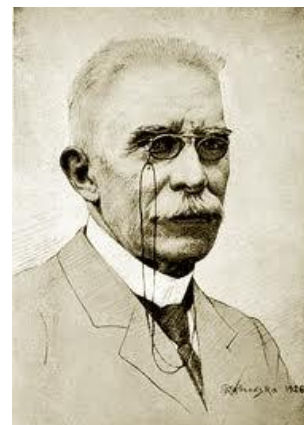


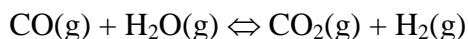
## Ejercicios Equilibrio Químico



Le Chatelier



1. En un recipiente de 10,0 L a 800K, se encierran 1,00 mol de CO(g) y 1,00 mol de H<sub>2</sub>O(g). Cuando se alcanza el equilibrio:



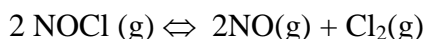
se hallan presentes 0,665 moles de CO<sub>2</sub> y 0,665 moles de H<sub>2</sub>.

- a) ¿Cuáles son las concentraciones de los cuatro gases en el equilibrio?
- b) ¿Cuál es el valor de K<sub>c</sub> para dicha reacción a 800K?

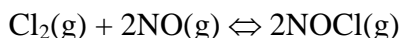
2. En un matraz de un litro, hay 0,00400 mol de N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> en equilibrio con 0,120 moles de NO<sub>2</sub>, a 100°C. Hallar el valor de K<sub>c</sub> para la reacción.



3. Dado el valor K<sub>c</sub> = 2,00 · 10<sup>-10</sup>, a 25,0° C, para la reacción:



Calcula el valor de K<sub>c</sub> para la reacción:

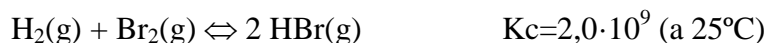


4. La constante de equilibrio de la reacción de disociación del oxígeno molecular, representada por la ecuación:



vale, a 25,0°C, K<sub>c</sub> = 1,00 · 10<sup>-34</sup>. Razona cómo se encuentra el oxígeno de tu habitación.

5. Se desea eliminar el hidrógeno molecular presente en un matraz. Razónese que será mejor introducir, ¿Br<sub>2</sub> ó Cl<sub>2</sub>?

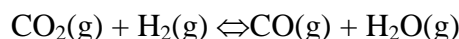


6. Escribe la expresión de la constante de equilibrio para las siguientes reacciones:



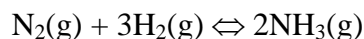
- b)  $3\text{Fe(s)} + 4\text{H}_2\text{O(g)} \rightleftharpoons \text{Fe}_3\text{O}_4\text{(s)} + 4\text{H}_2\text{(g)}$
- c)  $2\text{NaHCO}_3\text{(s)} \rightleftharpoons \text{Na}_2\text{CO}_3\text{(s)} + \text{H}_2\text{O(g)} + \text{CO}_2\text{(g)}$
- d)  $2\text{Hg(l)} + \text{Cl}_2\text{(g)} \rightleftharpoons \text{Hg}_2\text{Cl}_2\text{(s)}$

7. En un recipiente a volumen constante, que se mantiene a 959 K, se introduce dióxido de carbono e hidrógeno. Sus presiones parciales antes de reaccionar son 1,00 atm para el  $\text{CO}_2$  y 2,00 atm para el hidrógeno. Se verifica entonces la reacción:

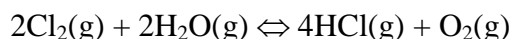


En el equilibrio, la presión parcial del agua es de 0,570 atm. Calcular las presiones parciales de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$  y  $\text{CO}$  en el equilibrio y el valor de  $K_p$  para la reacción.

8. A 700 K, 1,00 mol de  $\text{N}_2$  y 4,00 moles de  $\text{H}_2$  (ambos gaseosos) reaccionan para formar 1,30 moles de amoníaco gaseoso, en un recipiente de 10,0 litros de capacidad. Calcular la constante de equilibrio,  $K_p$ , para la formación de amoníaco a esa temperatura y las presiones parciales de cada gas en el equilibrio.

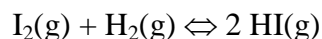


9. Suponiendo que en la siguiente reacción exotérmica se ha alcanzado el equilibrio:



¿Qué le sucederá al n° de moles de agua si;

- a) ¿Se introduce oxígeno?
  - b) ¿Se introduce  $\text{Cl}_2$ ?
  - c) ¿Se retira  $\text{HCl}$ ?
  - d) ¿Se disminuye el volumen del recipiente?
  - e) ¿Se baja la temperatura?
10. En un recipiente de 10,0 L de capacidad a la temperatura de 500°C, se introducen 0,500 moles de hidrógeno y 0,500 moles de yodo. La constante de equilibrio  $K_c$  para la reacción:

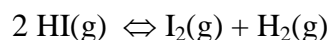


a la temperatura dada es 50.

- a) Calcular el valor de  $K_p$  a 500°C.

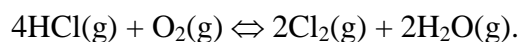
- b) Calcular la presión total en el recipiente, una vez alcanzado el equilibrio.
- c) Calcular las presiones parciales de cada uno de los componentes, una vez alcanzado el equilibrio.

11. En un matraz de 1,00 L y a 400°C, se introducen 0,0300 moles de ioduro de hidrógeno gaseoso y se cierra. Una vez alcanzado el equilibrio el ioduro de hidrogeno se ha descompuesto parcialmente en iodo e hidrógeno gaseosos, siendo la fracción molar del ioduro de hidrógeno en equilibrio igual a 0,800. Calcular:



- a) El valor de la constante de equilibrio Kc.
- b) La presión total y la de cada uno de los componentes en el estado de equilibrio.
- c) El valor de la constate de equilibrio Kp.

12. Cuando se hace reaccionar cloruro de hidrógeno con oxígeno de acuerdo con la ecuación:



se encuentra que en un recipiente de 50,3 L y a una temperatura de 613 K se hallan en equilibrio 0,398 moles de cloro, 0,398 moles de agua, 0,163 moles de cloruro de hidrogeno y 0,0408 moles de oxígeno. Hallar:

- a) Las presiones parciales de cada gas.
- b) El valor de Kp.
- c) Las concentraciones de cada sustancia en moles/litro y el valor de Kc.

13. Un recipiente de 100 mL de capacidad contiene a 27,0° C una mezcla gaseosa en equilibrio de 0,138 g de dióxido de nitrógeno y 0,552 g de tetróxido de dinitrógeno. Calcular las constantes de equilibrio Kp y Kc para la reacción reversible de disociación del tetróxido de dinitrógeno a dicha temperatura.



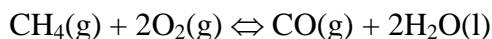
14. La ecuación de descomposición exotérmica del carbonato de calcio viene dada por:



Indicar el efecto que producirá en el equilibrio:

- Un aumento de temperatura.
  - Un aumento de presión. ¿Que condiciones serían las más favorables para obtener CaO a partir de CaCO<sub>3</sub> a escalas industriales?
15. La combustión completa de propano a dióxido de carbono gas y agua líquida es de carácter exotérmico a temperatura ambiente. Haciendo uso de la expresión correspondiente a la constante de equilibrio, explicar el efecto sobre la concentración de dióxido de carbono de cada uno de los cambios siguientes:
- Una disminución de la temperatura.
  - Un aumento de la presión total.
  - La adición de un catalizador.
16. En un recipiente de 10,0 litros hay en equilibrio a 27,0° C, 1,00 mol de amoníaco, 10,0 moles de nitrógeno y 16,0 moles de hidrógeno en forma gaseosa.
- $$\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$$
- Calcular la constante de equilibrio de formación del amoníaco.
  - Estudiar el efecto que sobre el equilibrio tendría:
    - Un aumento de la presión total.
    - Un aumento de la temperatura siendo una reacción endotérmica

17. Razona el efecto que tiene sobre el equilibrio exotérmico:



- Una disminución de la temperatura.
- Un aumento de la presión total.
- Una disminución de la presión parcial de oxígeno.
- El empleo de un catalizador.

Indicar en que casos se modifica la constante de equilibrio.

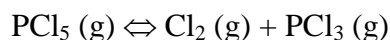
18. Para la siguiente reacción:



la constante de equilibrio,  $K_c$ , a  $22,0^\circ\text{C}$  es  $4,66 \cdot 10^{-3}$ .

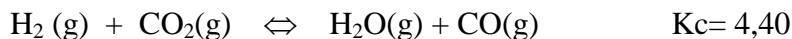
- a) Si se inyectan 0,800 moles de  $\text{N}_2\text{O}_4$  en un recipiente cerrado de 1,00 litro de capacidad, a  $22,0^\circ\text{C}$ , ¿Cuáles serán las concentraciones de ambos gases en el equilibrio?
- b) ¿Cuáles serían las concentraciones, en el equilibrio, si se reduce el volumen a la mitad y se mantiene constante la temperatura?

19. Cuando se calienta  $\text{PCl}_5$  en un recipiente cerrado a  $250^\circ\text{C}$  y 1,00 atm de presión se disocia el 80,0% según la reacción:



Calcula  $K_p$ .

20. En un recipiente de 1,00 L, a 2000 K, se introducen  $6,10 \cdot 10^{-3}$  moles de  $\text{CO}_2$  y una cierta cantidad de  $\text{H}_2$  produciéndose la reacción:



Si cuando se alcanza el equilibrio, la presión total es de 6,00 atm, calcule:

- a) la cantidad inicial de  $\text{H}_2$
  - b) la cantidad de todas las especies químicas presentes en el equilibrio.
21. A  $25,0^\circ\text{C}$  el valor de la constante  $K_p$  es 0,114 para la reacción en equilibrio:

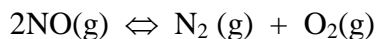


En un recipiente de un litro de capacidad se introducen 0,0500 moles de  $\text{N}_2\text{O}_4$  a  $25,0^\circ\text{C}$ .

Calcule, una vez alcanzado el equilibrio:

- a) El porcentaje de disociación del  $\text{N}_2\text{O}_4$
- b) Las presiones parciales de  $\text{N}_2\text{O}_4$  y de  $\text{NO}_2$

22. Para la reacción exotérmica:



Indique razonadamente si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:

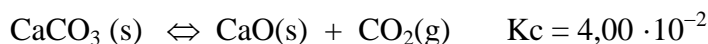
- a) La constante de equilibrio aumenta al adicionar NO
- b) Una disminución de temperatura favorece la obtención de N<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>

23. Al calentar PCl<sub>5</sub>(g) a 250°C, en un reactor de 1,00 litro de capacidad, se descompone según:

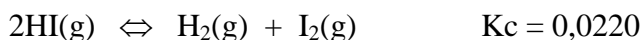


Si una vez alcanzado el equilibrio, el porcentaje de disociación es 80,0% y la presión total es de 1,00 atm, calcule la cantidad inicial de PCl<sub>5</sub>

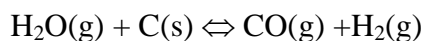
24. En un matraz de 5,00 litros se introduce CaCO<sub>3</sub> y se calienta a 1000 K, estableciéndose el equilibrio:



- a) ¿Qué masa de CaO se obtiene?
  - b) ¿Qué cantidad de CaCO<sub>3</sub> se habrá transformado?
25. En un recipiente de 3,00 litros se introducen 0,600 moles de HI(g), 0,300 moles de H<sub>2</sub>(g) y 0,300 moles de I<sub>2</sub>(g) a 490° C, estableciéndose:



- a) Justifique que el sistema no se encuentra en equilibrio.
  - b) Calcule la concentración de HI, H<sub>2</sub> y I<sub>2</sub> una vez alcanzado el equilibrio.
26. Dado el equilibrio endotérmico:

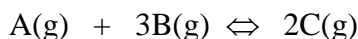


Señale, razonadamente, cuál de las siguientes medidas produce un aumento de la concentración de monóxido de carbono:

- a) Elevar la temperatura
  - b) Retirar vapor de agua de la mezcla en el equilibrio
  - c) Introducir H<sub>2</sub> en la mezcla en equilibrio.
27. En la reacción:
- $$\text{Br}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{Br}(\text{g})$$
- La constante de equilibrio K<sub>c</sub>, a 1200°C, vale  $1,04 \cdot 10^{-3}$ .

- a) Si la concentración inicial de bromo molecular es 1,00 M, calcule la concentración de bromo atómico en el equilibrio.
- b) ¿Cuál es el porcentaje de disociación del  $\text{Br}_2$ ?

28. En un recipiente de 10,0 litros se introducen 2,00 moles de compuesto A y 1,00 mol del compuesto B. Se calienta a  $300^\circ\text{C}$  y se establece el siguiente equilibrio:

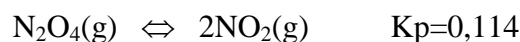


Sabiendo que cuando se alcanza el equilibrio el número de moles de B es igual al de C.

Calcule:

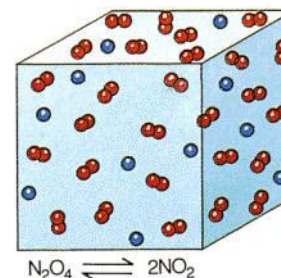
- a) Las concentraciones de cada componente en el equilibrio.
- b) El valor de las constantes de equilibrio  $K_c$  y  $K_p$  a esa temperatura.

29. En un recipiente de 2,00 litros que se encuentra a  $25,0^\circ\text{C}$ , se introducen 0,500 gramos de  $\text{N}_2\text{O}_4$  en estado gaseoso y se produce la reacción:



Calcule:

- a) La presión parcial ejercida por el  $\text{N}_2\text{O}_4$  en el equilibrio.
- b) El porcentaje de disociación del  $\text{N}_2\text{O}_4$ .



30. Para el siguiente equilibrio:

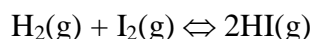


Indique, razonadamente, el sentido en que se desplaza el equilibrio cuando:

- a) Se agrega cloro gaseoso a la mezcla en equilibrio.
- b) Se aumenta la temperatura.
- c) Se aumenta la presión del sistema.

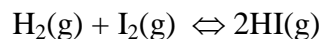
31. Se introduce una mezcla de 0,500 moles de  $\text{H}_2$  y 0,500 moles de  $\text{I}_2$  en un recipiente de 1,00 litro y se calienta a la temperatura de  $430^\circ\text{C}$ . Calcule:

- a) Las concentraciones de  $\text{H}_2$ ,  $\text{I}_2$  y  $\text{HI}$  en el equilibrio, sabiendo que, a esa temperatura, la constante de equilibrio  $K_c$  es 54,3 para la reacción:



b) El valor de  $K_p$  para la misma temperatura.

32. Al calentar a  $448^\circ\text{C}$ , yodo con hidrógeno se obtiene una mezcla en equilibrio que es 0,880 M en hidrógeno, 0,0200 M en yodo y 0,940 M en yoduro de hidrógeno, según la reacción:



Calcule:

- a) Las concentraciones iniciales de yodo e hidrógeno.  
b) La constante  $K_p$ .

33. Para el equilibrio a  $425^\circ\text{C}$ :



Calcule:

- a) Las concentraciones de todas las especies en el equilibrio si se calienta, a la citada temperatura, 0,600 moles de HI y 0,100 moles de  $\text{H}_2$  en un recipiente de 1,00 litro de capacidad.  
b) El porcentaje de disociación del HI.

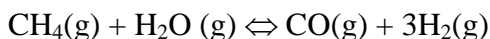
34. Sea el sistema en equilibrio:



Indique, razonadamente, si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:

- a) La presión total del reactor será igual a la presión parcial del  $\text{CO}_2$   
b)  $K_p$  es igual a la presión parcial del  $\text{CO}_2$   
c)  $K_p$  y  $K_c$  son iguales.

35. En un recipiente de 1,00 L a una temperatura de  $800^\circ\text{C}$ , se alcanza el siguiente equilibrio:



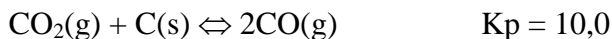
Calcule: Los datos que faltan en la tabla:

|   | $\text{CH}_4$ | $\text{H}_2\text{O}$ | $\text{CO}$ | $\text{H}_2$ |
|---|---------------|----------------------|-------------|--------------|
| Moles iniciales                                       | 2,00          | 0,50                 |             | 0,73         |
| Variación en el nº de moles al alcanzar el equilibrio |               | -0,40                |             |              |
| Nº de moles en el equilibrio                          |               |                      | 0,40        |              |



- b) La constante de equilibrio  $K_p$ .

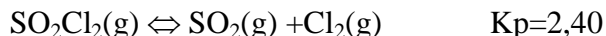
36. Para la reacción a temperatura de  $815^\circ\text{C}$ :



Calcule, en el equilibrio:

- a) Las presiones parciales de  $\text{CO}_2$  y  $\text{CO}$  a esa temperatura, cuando la presión total en el reactor es de 2,00 atm.
- b) La cantidad de  $\text{CO}_2$  y de  $\text{CO}$ , si el volumen del reactor es de 3 litros.

37. Para la reacción en equilibrio a  $375\text{K}$ :



A esta temperatura, se introducen 0,050 moles de  $\text{SO}_2\text{Cl}_2$  en un recipiente cerrado de 1 litro de capacidad. En el equilibrio, calcule:

- a) Las presiones parciales de cada uno de los gases presentes.
- b) El porcentaje de disociación del  $\text{SO}_2\text{Cl}_2$  a esa temperatura.

## Respuestas

1. a.  $C_{\text{CO}} = 0,0335 \text{ mol/L} = C_{\text{H}_2\text{O}}$       b.  $K_c = 3,94$ .
2.  $K_c = 3,6$
3.  $K_c = 5,00 \cdot 10^9$
7.  $P_{\text{CO}_2} = 0,43 \text{ atm}$ ;       $P_{\text{H}_2} = 1,43 \text{ atm}$ ;       $P_{\text{CO}} = 0,57 \text{ atm}$ ;       $K_p = 0,53$
8.  $K_p = 0,017$ ;       $P_{\text{H}_2} = 11,8 \text{ atm}$ ;       $P_{\text{N}_2} = 2,01 \text{ atm}$ ;       $P_{\text{NH}_3} = 7,46 \text{ atm}$ .
10. a.  $K_c = K_p$       b.  $P = 4,10 \text{ atm}$
- c.  $P_{\text{HI}} = 3,20 \text{ atm}$ ,       $P_{\text{H}_2} = P_{\text{I}_2} = 0,451 \text{ atm}$ .
11. a.  $K_c = 1,56 \cdot 10^{-2}$
- b.  $P_T = 0,984 \text{ atm}$ ,  $P_{\text{HI}} = 0,79 \text{ atm}$ ,       $P_{\text{H}_2} = P_{\text{I}_2} = 0,098 \text{ atm}$ .
- c. ( $K_p = K_c$ )
12. a.  $P_{\text{HCl}} = 0,163 \text{ atm}$ ,  $P_{\text{O}_2} = 0,0408 \text{ atm}$ .,  $P_{\text{Cl}_2} = P_{\text{H}_2\text{O}} = 0,398 \text{ atm}$
- b.  $K_p = 871$

- c.  $K_c = 4,38 \cdot 10^4$ ,  $C_{\text{HCl}} = 3,24 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$ ,  $C_{\text{O}_2} = 8,11 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$ ,  
 $C_{\text{H}_2\text{O}} = C_{\text{Cl}_2} = 7,91 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$ )
13.  $K_c = 1,5 \cdot 10^{-2}$ ;  $K_p = 0,369$
16. a.  $K_c = 2,4 \cdot 10^{-3}$
18. a.  $\text{CN}_2\text{O}_4 = 0,77 \text{ M}$ ;  $\text{CNO}_2 = 0,06 \text{ M}$   
 b.  $\text{CN}_2\text{O}_4 = 1,58 \text{ M}$ ;  $\text{CNO}_2 = 0,02 \text{ M}$
19.  $K_p = 1,78$
20. a.  $n_{\text{H}_2} = 3,05 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$   
 b.  $n_{\text{H}_2} = 2,48 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$ ;  $n_{\text{CO}_2} = 3,7 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$ ;  $n_{\text{H}_2\text{O}} = n_{\text{CO}} = 5,73 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$
21. a. 14,1%      b.  $P_{\text{N}_2\text{O}_4} = 1,05 \text{ atm}$ ;  $P_{\text{NO}_2} = 0,34 \text{ atm}$
23.  $n_{\text{PCl}_5} = 1,30 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$
24. a.  $m_{\text{CaO}} = 2,24 \text{ g}$       b.  $n_{\text{CaCO}_3} = 4,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$
25. b.  $\text{CHI} = 0,926 \text{ M}$ ,  $\text{CH}_2 = \text{Cl}_2 = 0,137 \text{ M}$
27. a.  $\text{CBr} = 3,9 \cdot 10^{-3} \text{ M}$       b. 0,195 %
28. a.  $\text{CA} = 0,18 \text{ M}$ ;  $\text{CB} = \text{CC} = 0,04 \text{ M}$       b.  $K_c = 139$ ;  $K_p = 6,3 \cdot 10^{-2}$
29. a.  $\text{PN}_2\text{O}_4 = 2,49 \cdot 10^{-2} \text{ atm}$       b. 47,4%
31. a.  $\text{CHI} = 0,786 \text{ M}$ ;  $\text{CH}_2 = \text{Cl}_2 = 0,107 \text{ M}$       b.  $K_p = 54,3$
32. a.  $\text{CHI} = 0,49 \text{ M}$ ;  $\text{CH}_2 = 1,35 \text{ M}$       b.  $K_p = 50,2$
33. a.  $\text{CHI} = 0,518 \text{ M}$ ;  $\text{CH}_2 = 0,141$ ;  $\text{Cl}_2 = 0,041 \text{ M}$       b. 13,5%
35. a.

|   | $\text{CH}_4$ | $\text{H}_2\text{O}$ | $\text{CO}$ | $\text{H}_2$ |
|---|---------------|----------------------|-------------|--------------|
| Moles iniciales                                       | 2,00          | 0,50                 | 0           | 0,73         |
| Variación en el nº de moles al alcanzar el equilibrio | -0,40         | -0,40                | +0,40       | +1,20        |
| Nº de moles en el equilibrio                          | 1,60          | 0,10                 | 0,40        | 1,93         |

- b.  $K_p = (7,74 \cdot 10^3)$
36. a.  $P_{\text{CO}_2} = 1,084 \text{ atm}$ ;  $P_{\text{CO}} = 0,916 \text{ atm}$   
 b.  $n_{\text{CO}_2} = 3,64 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$ ;  $n_{\text{CO}} = 3,08 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$
37. a.  $P_{\text{SO}_2\text{Cl}_2} = 0,47 \text{ atm}$ ;  $P_{\text{SO}_2} = P_{\text{Cl}_2} = 1,07 \text{ atm}$   
 b. 69,5 %