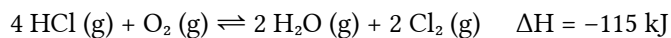


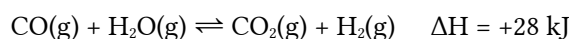
## Problemas de Equilibrio Químico

1. Razone el efecto que tendrá sobre la cantidad de cloro formada cada una de las siguientes acciones realizadas sobre una mezcla de los cuatro componentes en equilibrio.



- Aumentar la temperatura de la mezcla a presión constante.
- Reducir el volumen del recipiente a temperatura constante.
- Añadir oxígeno a temperatura y volumen constantes.
- Eliminar parte del agua formada a temperatura y volumen constantes.

2. El hidrógeno se está convirtiendo en una fuente de energía alternativa a los combustibles fósiles cuya combustión es responsable del efecto invernadero. Considere el siguiente equilibrio:



Explique, razonadamente, el efecto que cada uno de los cambios que se indican tendría sobre la mezcla gaseosa en equilibrio:

- Aumentar la temperatura del reactor manteniendo constante la presión.
- Disminuir el volumen del reactor manteniendo constante la temperatura.
- Adicionar  $\text{CO}_2$  a la mezcla en equilibrio.
- Añadir a la mezcla en equilibrio un catalizador.

3. En un reactor cerrado se introducen, en estado gaseoso y a una temperatura dada, hidrógeno, bromo y bromuro de hidrógeno y se deja que se alcance el equilibrio:



Indique razonadamente cómo afectará cada uno de los siguientes cambios en la cantidad de  $\text{H}_2$  presente una vez se restablezca el equilibrio.

- Un aumento de la temperatura a presión constante.
- Adición de HBr, manteniendo constante tanto el volumen del reactor como su temperatura.
- Un aumento del volumen del recipiente a temperatura constante.
- Adición de  $\text{Br}_2$ , manteniendo constante tanto el volumen del reactor como su temperatura.

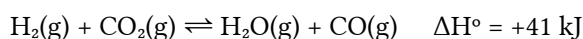
4. En la segunda etapa del proceso Ostwald, para la síntesis de ácido nítrico, tiene lugar la reacción de NO con oxígeno para formar dióxido de nitrógeno según el siguiente equilibrio:



Explica razonadamente el efecto que cada uno de los siguientes cambios tendría sobre la concentración de dióxido de nitrógeno en el equilibrio:

- Adicionar oxígeno a la mezcla gaseosa en equilibrio, manteniendo constante el volumen.
- Aumentar la temperatura del recipiente, manteniendo constante la presión.
- Disminuir el volumen del recipiente, manteniendo constante la temperatura.
- Adicionar un catalizador a la mezcla en equilibrio.

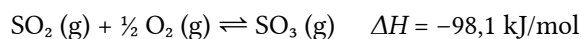
5. Considera el siguiente equilibrio:



Indica razonadamente cómo afectará cada uno de los siguientes cambios a la concentración de  $\text{H}_2\text{(g)}$  presente en la mezcla en equilibrio.

- a) Adición de dióxido de carbono.
- b) Aumento de la temperatura a presión constante.
- c) Disminución del volumen a temperatura constante.
- d) Duplicar las concentraciones de dióxido de carbono y agua inicialmente presentes en el equilibrio manteniendo la temperatura constante.

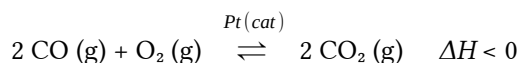
6. El trióxido de azufre se obtiene al reaccionar el dióxido de azufre con oxígeno molecular, de acuerdo al equilibrio:



Una vez la mezcla gaseosa alcance el equilibrio, justifica el efecto que tendrá:

- a) El aumento de la temperatura a presión constante sobre la cantidad de dióxido de azufre presente tras restablecerse el equilibrio.
- b) La adición de dióxido de azufre sobre la cantidad de oxígeno presente tras alcanzarse nuevamente el equilibrio.
- c) La disminución del volumen del reactor (manteniendo constante su temperatura) sobre la cantidad de dióxido de azufre presente tras alcanzarse nuevamente el equilibrio.
- d) La adición de pentóxido de divanadio como catalizador de la reacción sobre la concentración de reactivos.

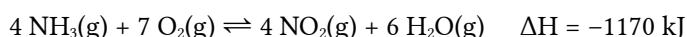
7. En los tubos de escape de los automóviles se utiliza un catalizador de platino para acelerar la oxidación del CO, una sustancia tóxica, según la ecuación química:



Considere un reactor que contiene una mezcla en equilibrio de CO (g), oxígeno y dióxido de carbono. Indique, razonadamente, si la cantidad de CO aumentará, disminuirá o no se modificará cuando:

- a) Se elimina el catalizador de platino.
- b) Se aumenta la temperatura manteniendo constante la presión.
- c) Se aumenta la presión, disminuyendo el volumen del reactor, a temperatura constante.
- d) Se añade oxígeno, manteniendo constantes el volumen y la temperatura.

8. El amoníaco gas reacciona con aire para formar dióxido de nitrógeno a alta temperatura de acuerdo a la reacción:



Discuta razonadamente si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas.

- a) Un aumento de la temperatura favorecerá la formación de NO<sub>2</sub> en el equilibrio.
- b) La disminución del volumen del reactor, manteniendo constante la temperatura, favorecerá que se forme mayor cantidad de productos en el equilibrio.
- c) La adición de NH<sub>3</sub>, manteniendo constantes el volumen del recipiente y la temperatura, favorecerá que se forme mayor cantidad de NO<sub>2</sub> una vez se alcance el equilibrio.
- d) El uso de un catalizador hará que se obtenga una mayor cantidad de productos en el equilibrio.

9. A cierta temperatura el hidrogenocarbonato de sodio se descompone parcialmente según el equilibrio:

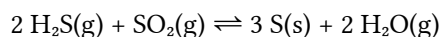


Explica, razonadamente, el efecto que, sobre los moles de carbonato de sodio formado, tendrá:

- a) Reducir el volumen del recipiente manteniendo constante la temperatura.
- b) Extraer del recipiente una parte de los gases producidos (dióxido de carbono y agua).
- c) Elevar la temperatura de la mezcla en equilibrio manteniendo constante la presión.

d) Adicionar más hidrogenocarbonato de sodio a la mezcla en equilibrio.

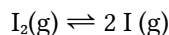
10. El azufre es muy importante a nivel industrial. En el proceso Claus se obtiene según la reacción:



En un reactor de 5 L de capacidad, que se encuentra a 107 °C, se introducen 5 mol de sulfuro de hidrógeno y 3 mol de dióxido de azufre. Si, tras alcanzarse el equilibrio, el reactor contiene 4,8 mol de agua, calcula:

- El valor de  $K_p$  y  $K_c$  para esta reacción a esta temperatura.
- Las presiones parciales de todas las especies en el equilibrio.

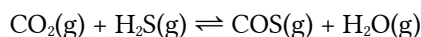
11. A 1200 °C el  $\text{I}_2(\text{g})$  se disocia parcialmente según el siguiente equilibrio:



En un recipiente cerrado de 10 L de capacidad, en el que previamente se ha hecho el vacío, se introduce 1 mol de yodo. Una vez alcanzado el equilibrio a 1200 °C el 15 % de las moléculas de yodo se han disociado en átomos de yodo. Calcula:

- El valor de  $K_c$  y el valor de  $K_p$ .
- La presión parcial de cada uno de los gases presentes en el equilibrio a 1200 °C.

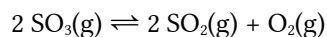
12. A 337 °C el  $\text{CO}_2$  reacciona con el  $\text{H}_2\text{S}$ , según el siguiente equilibrio:



En una experiencia se colocaron 4,4 g de  $\text{CO}_2$  en un recipiente de 2,5 litros y una cantidad adecuada de  $\text{H}_2\text{S}$  para que una vez alcanzado el equilibrio, a la temperatura citada, la presión total en el interior del recipiente sea de 10 atmósferas. Se determinó que en el estado de equilibrio habían 0,01 moles de agua. Determine:

- El número de moles de cada uno de los gases presentes en el equilibrio a 337 °C.
- El valor de  $K_c$  y el valor de  $K_p$ .

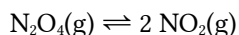
13. El equilibrio siguiente es importante en la producción de ácido sulfúrico:



Cuando se introduce una muestra de 0,02 mol de trióxido de azufre en un recipiente de 1,5 L mantenido a 900 K en el que previamente se ha hecho el vacío, se obtiene una presión total en el equilibrio de 1,1 atm.

- Calcula presión parcial de cada componente de la mezcla gaseosa en el equilibrio.
- Calcula  $K_c$  y  $K_p$ .

14. A 50 °C el tetraóxido de dinitrógeno se disocia parcialmente según el siguiente equilibrio:

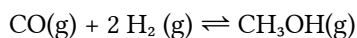


Se introducen 0,375 mol de  $\text{N}_2\text{O}_4$  en un recipiente cerrado de 5 L de capacidad, en el que previamente se ha hecho el vacío, y se calienta a 50 °C. Cuando se alcanza el equilibrio, a la citada temperatura, la presión en el interior del recipiente es de 3,33 atm.

Calcula:

- El valor de  $K_c$  y de  $K_p$ .
- La presión parcial de cada uno de los gases en el equilibrio a la citada temperatura.

15. El metanol se obtiene por reacción del  $\text{CO}(\text{g})$  con hidrógeno gaseoso según el siguiente equilibrio:

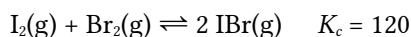


En un recipiente cerrado de 2 L de capacidad, en el que previamente se ha hecho el vacío, se introducen 1 mol de  $\text{CO}(\text{g})$  y 2 mol de hidrógeno. Cuando se alcanza el equilibrio a 210 °C la presión en el interior del recipiente resulta ser de 33,82 atm. Calcula:

- La presión parcial de cada uno de los gases presentes en el equilibrio a 210 °C.

b) El valor de cada una de las constantes de equilibrio  $K_p$  y  $K_c$ .

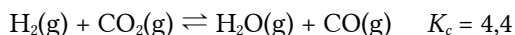
16. Considere el siguiente equilibrio que tiene lugar a 150 °C:



a) En un recipiente de 5,0 L de capacidad, se disponen 0,0015 mol de yodo y 0,0015 mol de bromo. Calcule la concentración de cada especie cuando se alcanza el equilibrio a 150 °C.

b) En otro experimento, se introducen 0,2 mol/L de IBr en el mismo recipiente vacío. Calcule las concentraciones de todas las especies cuando se establezca un nuevo equilibrio a 150 °C.

17. En un recipiente de 1 L, mantenido a la temperatura de 2000 K, se introducen 0,012 mol de dióxido de carbono y una cierta cantidad de hidrógeno, estableciéndose el equilibrio:

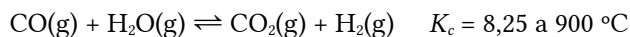


Si, tras alcanzarse el equilibrio en estas condiciones, la presión total dentro del recipiente es de 4,25 atm, calcula:

a) El número de moles de hidrógeno inicialmente presentes en el recipiente.

b) El número de moles de cada una de las especies químicas que contiene el recipiente en el equilibrio.

18. En un recipiente de 25 L de volumen, en el que se ha hecho previamente el vacío, se depositan 10 mol de CO y 5 mol de agua a la temperatura de 900 °C, estableciéndose el siguiente equilibrio:

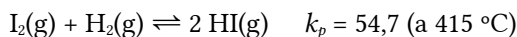


Calcula, una vez se alcance el equilibrio:

a) Las concentraciones de todos los compuestos (en mol/L).

b) La presión total de la mezcla.

19. A 415 °C el yodo reacciona con el hidrógeno según el siguiente equilibrio:

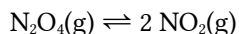


En un recipiente cerrado, en el que previamente se ha hecho el vacío, se introducen 0,5 mol de yodo y 0,5 mol de hidrógeno. Una vez alcanzado el equilibrio, la presión total en el interior del recipiente es de 1,5 atm. Calcula:

a) La presión parcial de cada uno de los gases presentes en el equilibrio a 415 °C.

b) El porcentaje en peso de yodo que ha reaccionado.

20. En un recipiente de 1 L de capacidad, en el que se ha hecho vacío, se introducen 0,92 g de  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$  y 0,23 g de  $\text{NO}_2(\text{g})$ . El recipiente se calienta a 100 °C, produciéndose la disociación del  $\text{N}_2\text{O}_4$  para dar  $\text{NO}_2$  de acuerdo al equilibrio siguiente:

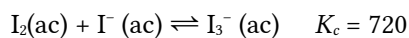


a) Cuando se alcanza el equilibrio a 100 °C, la presión total del sistema es de 0,724 atm.

b) Determine el valor de las constantes de equilibrio,  $K_p$  y  $K_c$ .

c) Calcule la presión en el recipiente en el equilibrio si inicialmente sólo se hubieran introducido 0,92 g de  $\text{N}_2\text{O}_4$ .

21. El yodo,  $\text{I}_2(\text{s})$ , es poco soluble en agua. Sin embargo, en presencia del ion yoduro,  $\text{I}^- (\text{ac})$ , aumenta su solubilidad debido a la formación del ion triyoduro,  $\text{I}_3^- (\text{ac})$ , de acuerdo con el siguiente equilibrio:

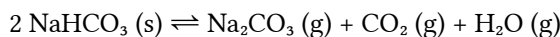


Si a 50 mL de una disolución 0,025 M en yoduro se le añaden 0,1586 g de yodo, calcula:

a) La concentración de cada una de las especies presentes en la disolución una vez se alcance el equilibrio.

b) Si una vez alcanzado el equilibrio del apartado anterior se añaden 0,0635 g de yodo, a los 50 mL de la mezcla anterior ¿cuál será la concentración de yodo cuando se alcance el nuevo equilibrio?

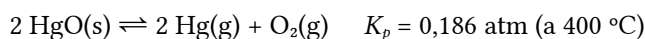
22. El hidrogenocarbonato de sodio se utiliza en algunos extintores químicos secos ya que los gases producidos en su descomposición extinguen el fuego. El equilibrio de descomposición del hidrogenocarbonato de sodio puede expresarse como:



Para estudiar este equilibrio en el laboratorio, 200 g de hidrogenocarbonato de sodio se depositaron en un recipiente cerrado de 25 L de volumen, en el que previamente se ha hecho el vacío, que se calentó hasta alcanzar la temperatura 110 °C. La presión en el interior del recipiente, una vez alcanzado el equilibrio, fue de 1,646 atm. Calcule:

- La cantidad (en g) de hidrogenocarbonato de sodio que queda en el extintor tras alcanzarse el equilibrio a 110 °C.
- El valor de las constantes de equilibrio  $k_p$  y  $k_c$  a esta temperatura.

23. A 400 °C, el HgO se disocia parcialmente de acuerdo con el equilibrio siguiente:



Si se introduce una muestra de 10 g de HgO en un recipiente cerrado de 2 L, en el que previamente se ha hecho el vacío, y se calienta hasta alcanzar los 400 °C, calcula:

- La presión total en el interior del recipiente cuando se alcance el equilibrio.
- El valor de la constante  $K_c$  a esta temperatura y los gramos de HgO que se habrán quedado sin disociar.

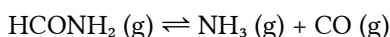
24. El hidrogenosulfuro de amonio,  $\text{NH}_4\text{HS} (\text{s})$ , utilizado en el revelado de fotografías, es inestable a temperatura ambiente y se descompone parcialmente según el equilibrio siguiente:



Se introduce una muestra de  $\text{NH}_4\text{HS} (\text{s})$  en un recipiente cerrado a 25 °C, en el que previamente se ha hecho el vacío.

- ¿Cuál será la presión total en el interior del recipiente una vez alcanzado el equilibrio a 25 °C?
- En otro recipiente de 2 litros de volumen, pero a la misma temperatura de 25 °C, se introducen 0,1 mol de  $\text{NH}_3$  y 0,2 mol de  $\text{H}_2\text{S}$ . ¿Cuál será la presión total en el interior del recipiente una vez se alcance el equilibrio a 25 °C?

25. Sometida a altas temperaturas, la formamida se descompone en amoníaco y monóxido de carbono, de acuerdo al equilibrio:



En un recipiente de 10 L de volumen (en el que se ha hecho previamente el vacío) se depositan 0,2 mol de formamida y se calienta hasta alcanzar la temperatura de 500 K. Una vez se establece el equilibrio, la presión en el interior del reactor alcanza el valor de 1,56 atm. Calcule:

- El valor de las constantes  $k_p$  y  $k_c$ .
- ¿Cuál debería ser la concentración inicial de formamida para que su grado de disociación fuera 0,5 a esta temperatura?

26. A 182 °C el  $\text{SbCl}_5(\text{g})$  se disocia parcialmente según el siguiente equilibrio:



Se introduce cierta cantidad de pentacloruro de antimonio en un recipiente cerrado, en el que previamente se ha hecho el vacío, y se calienta a 182 °C. Cuando se alcanza el equilibrio, a la citada temperatura, la presión total en el interior del recipiente es de 1,00 atm y el grado de disociación del pentacloruro de antimonio es del 29,2 %.

- Calcula el valor de  $K_p$  y  $K_c$ .
- Si cuando se alcanza el equilibrio, a la citada temperatura, el pentacloruro de antimonio se ha disociado al 60 % ¿cuál será la presión total en el interior del recipiente?