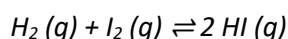


## G11C. REACCIONES QUÍMICAS. EQUILIBRIO QUÍMICO

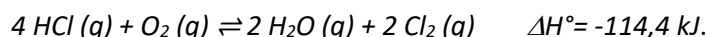
- 1) Para la reacción de síntesis de amoníaco en fase gaseosa a partir de hidrógeno y nitrógeno:
  - a) Justificar a partir del principio del desplazamiento (Le Chatelier), todas las formas posibles de desplazar el equilibrio para obtener mayor cantidad de amoníaco, sabiendo que la reacción que posee un  $\Delta H^\circ < 0$ . Tener en cuenta que esto significa buscar las condiciones más adecuadas para un alto rendimiento de la reacción.
  - b) ¿Por qué se enfría la mezcla a la salida del reactor? (consultar de la bibliografía los puntos de ebullición de las sustancias presentes en la reacción).
- 2) Responder si las siguientes afirmaciones relacionadas con los conceptos de equilibrio químico y constante de equilibrio son correctas o incorrectas. Justificar.
  - a) "Cuando una reacción alcanza el equilibrio a una determinada temperatura, las concentraciones de los reactivos y de los productos permanecen constantes a lo largo del tiempo."
  - b) "Cuanto más rápidamente ocurra una reacción, mayor será la cantidad de producto en el equilibrio."
  - c) "Cuanto mayor sea la cantidad inicial de reactivos, mayor será la constante de equilibrio a una determinada temperatura."
  - d) "El estado de equilibrio es dinámico porque la velocidad de formación de los productos (reacción directa) es igual a la regeneración de los reactivos (reacción inversa)."
  - e) "El valor de la constante de equilibrio de una reacción química a una determinada temperatura dada sugiere cuán favorecida está la conversión de reactivos en productos."
  - f) "A una determinada temperatura, la presencia de un catalizador modifica el valor de la constante de equilibrio de la reacción dónde actúa."

- 3) Considerando la reacción de síntesis del ioduro de hidrógeno a partir de las sustancias simples:



Al analizar el sistema en equilibrio se encontraron 2,50 mol de iodo, 8,30 mol de ioduro de hidrógeno y 0,55 mol de hidrógeno en un recipiente de volumen V.

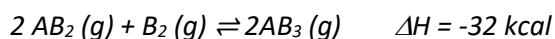
- a) Calcular la constante de equilibrio, Kp.
  - b) ¿Es necesario conocer en este caso el volumen y la temperatura del reactor? ¿Porqué?
- 4) Considere que la siguiente reacción ha alcanzado el estado de equilibrio:



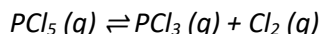
- a) Determinar qué le sucederá al número de moles de  $O_2$  en el recipiente si se:
 

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| i) añade algo de $Cl_2$     | ii) añade algo de HCl                   |
| iii) remueve algo de $H_2O$ | iv) disminuye el volumen del recipiente |
| v) aumenta la temperatura   | vi) añade algo de helio                 |
| vii) añade un catalizador   |   |

- 5) Dada la siguiente reacción química:

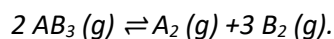


- Calcular la concentración de cada una de las sustancias del sistema en el equilibrio y el valor de la constante de equilibrio  $K_p$ , sabiendo que se parte de 6 mol de  $AB_2$  y 2 mol de  $B_2$  en un recipiente cerrado de 20 litros a  $350^\circ\text{C}$  y se forman 2,4 mol de producto.
  - Calcular la presión final del sistema.
  - Calcular el calor intercambiado, indicando si es calor ganado o cedido por el entorno.
  - ¿Qué factores de equilibrio modificaría y cómo, para desplazar el equilibrio a la derecha? Explicar
- 6) Se estudió la reacción descomposición en fase gaseosa del pentacloruro de fósforo en tricloruro de fósforo y cloro. En un matraz de 5 L se introducen 2 moles de pentacloruro y 1 mol de tricloruro, y se deja que el sistema alcance el equilibrio.
- Escribir la ecuación de la reacción.
  - Calcular las concentraciones de cada sustancia en el equilibrio sabiendo que a  $250^\circ\text{C}$   $K_c$  vale 0,0406 ¿Cuál es el grado de disociación del pentacloruro de fósforo?
  - En el equilibrio anterior ¿cuál sería el grado de disociación si se partiera únicamente de 2 moles de pentacloruro de fósforo en el matraz de 5 L?
- 7) Dada la siguiente reacción química:



- A  $250^\circ\text{C}$  se coloca una muestra de  $PCl_5$  en un recipiente cerrado de 30 L y se deja que se establezca el equilibrio. En ese instante hay 1,847 mol de  $PCl_5$ , 1,500 mol de  $PCl_3$  y 1,500 mol de  $Cl_2$ .
- Calcular  $K_c$  y  $K_p$  a  $250^\circ\text{C}$ .
  - Calcular la concentración de cada una de las sustancias del sistema a  $250^\circ\text{C}$  al establecerse el equilibrio si en el recipiente cerrado de 30 L previamente evacuado se introducen 3 mol de  $PCl_3$  y 3 mol de  $Cl_2$  (g).
- 8) A  $450^\circ\text{C}$  y 10 atm de presión el  $NH_3$  (g) está disociado en un 95,7 % según la reacción:
- $$2 NH_3 (g) \rightleftharpoons N_2 (g) + 3 H_2 (g)$$
- Calcular  $K_c$  y  $K_p$  a dicha temperatura
- 9) En un recipiente de 10 L se introduce una mezcla de 4 moles de  $N_2$  (g) y 12 moles de  $H_2$  (g). Si establecido el equilibrio se observa que se formaron 0,92 moles de  $NH_3$  (g):
- Determinar las concentraciones de  $N_2$ ,  $H_2$  y  $NH_3$  en el equilibrio.
  - Determinar la constante de equilibrio,  $K_c$ .
- 10) En un recipiente cerrado se coloca una cierta cantidad de carbamato de amonio sólido ( $NH_4CO_2NH_2$ ) que se disocia en amoníaco ( $NH_3$ ) y dióxido de carbono ( $CO_2$ ) a  $25^\circ\text{C}$ . La constante de equilibrio  $K_p$  para la reacción de disociación a esa temperatura vale  $K_p = 2,3 \times 10^{-3}$ .
- Calcular  $K_c$  y calcular las presiones parciales en el equilibrio.

- 11)** En un reactor que opera a presión constante de 20 atm y 25°C se colocaron 30 moles de un gas  $AB_3$ , el cual se descompone de acuerdo con la reacción:



Al llegar al estado de equilibrio, el sistema había realizado un trabajo mecánico de 59230 Joule.

- a)** Determinar las concentraciones de cada uno de los gases del sistema en el equilibrio.
- b)** Determinar la constante de equilibrio,  $K_c$ .
- c)** Calcular el calor intercambiado con el medio.
- d)** Calcular la variación de energía interna que experimenta el sistema.
- e)** Indique 2 formas de aumentar la formación de productos.

**Datos:**  $\Delta H^\circ_R = -5,43 \text{ Kcal/mol}$  de  $AB_3$  (considere el calor liberado por mol de  $AB_3$  que reacciona)

## **Respuestas:**

- 1) **a)** Para desplazar el equilibrio hacia la formación de amoníaco se puede: disminuir la temperatura para contrarrestar el calor liberado por la reacción; aumentar la presión (el sistema intentará minimizar la presión total desplazando el equilibrio hacia el lado con menos moles gaseosos); aumentar la concentración de los reactivos (el sistema intentará consumir los reactivos en exceso desplazando el equilibrio hacia la derecha); retirar amoníaco del sistema a medida que se forma. **b)** El amoníaco tiene un punto de ebullición mucho más alto que el hidrógeno y el nitrógeno. Al enfriar la mezcla, el amoníaco se condensa mientras que el hidrógeno y el nitrógeno permanecen en fase gaseosa, permitiendo separar el producto ( $\text{NH}_3$ ) de los reactivos no reaccionados.
- 2) **a)** correcta **b)** incorrecta **c)** incorrecta **d)** correcta **e)** correcta **f)** incorrecta
- 3) **a)**  $K_p = 50,1$  **b)** No, no es necesario, porque la reacción tiene la misma cantidad de moles en productos y reactivos (2 moles). Al plantear la expresión de  $K_p \rightarrow k_p = (P_{\text{HI}})^2 / (P_{\text{H}_2} \cdot P_{\text{I}_2}) = (RTn_{\text{HI}}/V)^2 / ((RTn_{\text{H}_2}/V) \cdot (RTn_{\text{I}_2}/V))$  se pueden cancelar tanto el volumen como la temperatura y se llega a la expresión  $K_p = (n_{\text{HI}})^2 / (n_{\text{H}_2} \cdot n_{\text{I}_2})$ .
- 4) i) aumenta ii) disminuye iii) disminuye iv) disminuye v) aumenta vi) no se modifica vii) no se modifica
- 5) **a)**  $[\text{AB}_2] = 0,18 \text{ mol/L}$   $[\text{B}_2] = 0,04 \text{ mol/L}$  y  $[\text{AB}_3] = 0,12 \text{ mol/L}$   $K_p = 0,2175$  **b)**  $P_{\text{Final}} = 17,37 \text{ atm}$   
**c)** calor intercambiado = -38,4 kcal (ganado por el entorno)
- 6) **a)**  $\text{PCl}_5 (\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3 (\text{g}) + \text{Cl}_2 (\text{g})$  **b)** En el equilibrio:  $[\text{PCl}_5] = 0,342 \text{ mol/L}$   $[\text{PCl}_3] = 0,256 \text{ mol/L}$   $[\text{Cl}_2] = 0,056 \text{ mol/L}$   $\alpha = 0,14$  **c)**  $\alpha = 0,276$
- 7) **a)**  $K_c = 0,0406$  y  $K_p = 1,7405$  **b)**  $[\text{PCl}_3] = 0,0466 \text{ mol/L}$   $[\text{Cl}_2] = 0,0466 \text{ mol/L}$   $[\text{PCl}_5] = 0,0534 \text{ mol/L}$ .
- 8) **a)**  $K_p = 1,99 \times 10^4$   $K_c = 5,66$
- 9) **a)**  $[\text{N}_2] = 0,354 \text{ mol/L}$   $[\text{H}_2] = 1,062 \text{ mol/L}$   $[\text{NH}_3] = 0,092 \text{ mol/L}$  **b)**  $K_c = 1,996 \times 10^{-2}$
- 10) **a)**  $K_c = 1,58 \times 10^{-8}$   $P_{\text{CO}_2} = 0,0386 \text{ atm}$   $P_{\text{NH}_3} = 0,0772 \text{ atm}$
- 11) **a)**  $[\text{AB}_3] = 0,092 \text{ mol/L}$   $[\text{A}_2] = 0,182 \text{ mol/L}$   $[\text{B}_2] = 0,545 \text{ mol/L}$  **b)**  $K_c = 3,47$  **c)**  $Q = -544 \text{ kJ}$  **d)**  $\Delta U = -603 \text{ kJ}$