

---

---

## Problemas de Fundamentos de Química (1º Grado en Física)

### Tema 6. EQUILIBRIO QUÍMICO

---

---

- 6.1. En un recipiente de 1 L se introducen 0.02 moles de dióxido de azufre y 0.01 moles de oxígeno. Cuando se alcanza el equilibrio a 900 K, se encuentran 0.0148 moles de trióxido de azufre. Calcula los moles de oxígeno y de dióxido de azufre en el equilibrio y las constantes  $K_p$  y  $K_c$ .
- 6.2. Para el sistema  $\text{PCl}_5(g) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(g) + \text{Cl}_2(g)$ ,  $K_c = 0.56$  a 300 °C. En un recipiente de 5.00 L se mezclan 0.45 moles de  $\text{Cl}_2$ , 0.90 moles de  $\text{PCl}_3$  y 0.12 moles de  $\text{PCl}_5$  a 300 °C. Calcula las concentraciones de  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{PCl}_3$  y  $\text{PCl}_5$  en el equilibrio.
- 6.3. Una mezcla de 0.688 g de  $\text{H}_2$  y 35.156 g de  $\text{Br}_2$  se calienta a 700 °C en un recipiente de 2 L. Estas sustancias reaccionan según:  $\text{Br}_2(g) + \text{H}_2(g) \rightleftharpoons 2 \text{HBr}(g)$ . Una vez alcanzado el equilibrio el recipiente contiene 0.288 g de  $\text{H}_2$ . ¿Cuántos gramos de  $\text{HBr}$  se habrán formado? ¿Cuáles son los valores de  $K_p$  y  $K_c$  para la reacción de disociación de  $\text{HBr}$  en  $\text{Br}_2$  y  $\text{H}_2$  a la temperatura dada?
- 6.4. Para el equilibrio:  $\text{H}_2(g) + \text{CO}_2(g) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(g) + \text{CO}(g)$ ,  $\Delta H = -5$  kcal/mol y  $K_c = 5$  a 2000 K.  
a) ¿Cuál será la composición del equilibrio si se introducen simultáneamente 1 mol de  $\text{H}_2$ , 2 moles de  $\text{CO}_2$ , 1 mol de  $\text{H}_2\text{O}$  y 1 mol de  $\text{CO}$  en un recipiente de 5.00 litros a 2000 K?  
b) ¿En qué sentido se desplazará el equilibrio si: (i) se aumenta P; (ii) se disminuye T; (iii) se añaden 0.5 moles de  $\text{CO}$ ?
- 6.5. Considera el siguiente equilibrio heterogéneo:  $\text{C}(s) + \text{CO}_2(g) \rightleftharpoons 2 \text{CO}(g)$ . A 700 °C la presión total del sistema es de 4.50 atm. Si la constante de equilibrio  $K_p$  es 1.52, calcula las presiones parciales de  $\text{CO}$  y  $\text{CO}_2$  en el equilibrio.
- 6.6. Al calentar bicarbonato de sodio en un recipiente cerrado se establece el siguiente equilibrio:  
$$2 \text{NaHCO}_3(s) \rightleftharpoons \text{Na}_2\text{CO}_3(s) + \text{H}_2\text{O}(g) + \text{CO}_2(g)$$
Indica cómo se modificaría la posición de equilibrio si: a) se retira algo de  $\text{CO}_2$  del sistema; b) se añade algo de  $\text{Na}_2\text{CO}_3(s)$  al sistema; c) se retira algo de  $\text{NaHCO}_3(s)$  del sistema; d) se reduce el volumen del recipiente.
- 6.7. Considera la reacción en fase gaseosa:  $2 \text{CO}(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2 \text{CO}_2(g)$ . Pronostica el desplazamiento en la posición de equilibrio cuando se agrega gas helio a la mezcla de equilibrio: a) a presión constante; b) a volumen constante.
- 6.8. ¿Cuál sería el efecto de aumentar el volumen en cada uno de los siguientes sistemas en el equilibrio?  
a)  $2 \text{CO}(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2 \text{CO}_2(g)$   
b)  $2 \text{NO}(g) \rightleftharpoons \text{N}_2(g) + \text{O}_2(g)$   
c)  $\text{N}_2\text{O}_4(g) \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2(g)$   
d)  $\text{Ni}(s) + 4 \text{CO}(g) \rightleftharpoons \text{Ni}(\text{CO})_4(g)$   
e)  $\text{N}_2(g) + 3 \text{H}_2(g) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3(g)$
- 6.9. ¿Cuál sería el efecto de disminuir la temperatura en cada uno de los siguientes sistemas en equilibrio?  
a)  $\text{H}_2(g) + \text{I}_2(g) \rightleftharpoons 2 \text{HI}(g)$ ;  $\Delta H^\circ = -9.45$  kJ mol<sup>-1</sup>  
b)  $\text{PCl}_5(g) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(g) + \text{Cl}_2(g)$ ;  $\Delta H^\circ = 92.5$  kJ mol<sup>-1</sup>  
c)  $2 \text{SO}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2 \text{SO}_3(g)$ ;  $\Delta H^\circ = -198$  kJ mol<sup>-1</sup>  
d)  $2 \text{NOCl}(g) \rightleftharpoons 2 \text{NO}(g) + \text{Cl}_2(g)$ ;  $\Delta H^\circ = 75$  kJ mol<sup>-1</sup>  
e)  $\text{C}(s) + \text{H}_2\text{O}(g) \rightleftharpoons \text{CO}(g) + \text{H}_2(g)$ ;  $\Delta H^\circ = 131$  kJ mol<sup>-1</sup>

- 6.10. Calcula  $K_p$  de las siguientes reacciones a 298 K e indica cuáles serán espontáneas en condiciones estándar:
- a)  $3 \text{NO}_2 (g) + \text{H}_2\text{O} (l) \rightarrow 2 \text{HNO}_3 (l) + \text{NO} (g)$   
 b)  $\text{N}_2\text{O} (g) + \frac{1}{2} \text{O}_2 (g) \rightarrow 2 \text{NO} (g)$   
 Datos:  $\Delta_f G^\circ (\text{NO}_2, g) = 51.44 \text{ kJ mol}^{-1}$ ;  $\Delta_f G^\circ (\text{H}_2\text{O}, l) = -237.18 \text{ kJ mol}^{-1}$ ;  $\Delta_f G^\circ (\text{HNO}_3, l) = -80.17 \text{ kJ mol}^{-1}$ ;  $\Delta_f G^\circ (\text{NO}, g) = 86.64 \text{ kJ mol}^{-1}$ ;  $\Delta_f G^\circ (\text{N}_2\text{O}, g) = 103.80 \text{ kJ mol}^{-1}$ ;  $\Delta_f G^\circ (\text{O}_2, g) = 0$ .
- 6.11. La constante de equilibrio para la autoionización del agua a 25 °C,  $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+(ac) + \text{OH}^-(ac)$ , es  $K_w = 1.0 \cdot 10^{-14}$ . ¿Cuánto vale  $\Delta G^\circ$  para este proceso?
- 6.12. Considera la reacción:  $2 \text{NO}_2 (g) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4 (g)$ :
- a) Calcula  $\Delta G^\circ$  a 298 K.  
 b) Indica razonadamente qué reacciones suceden de forma espontánea a 25 °C si en sendos recipientes cerrados se introducen: (i) 1 mol de  $\text{NO}_2$ , (ii) 1 mol de  $\text{N}_2\text{O}_4$ .  
 Datos:  $\Delta_f G^\circ (\text{NO}_2, g) = 97.89 \text{ kJ mol}^{-1}$ ;  $\Delta_f G^\circ (\text{N}_2\text{O}_4, g) = 51.44 \text{ kJ mol}^{-1}$ .
- 6.13. Para el equilibrio:  $\text{PCl}_5 (g) \rightleftharpoons \text{PCl}_3 (g) + \text{Cl}_2 (g)$ , calcula:
- a)  $\Delta G^\circ$  y  $K_p$  para el equilibrio a 25 °C.  
 b)  $\Delta G$  si las presiones parciales de la mezcla inicial son:  $P(\text{PCl}_5) = 0.0029 \text{ atm}$ ,  $P(\text{PCl}_3) = 0.27 \text{ atm}$  y  $P(\text{Cl}_2) = 0.40 \text{ atm}$ . ¿Qué reacción se produce de forma espontánea?  
 Datos:  $\Delta_f G^\circ (\text{PCl}_5, g) = -305.0 \text{ kJ mol}^{-1}$ ;  $\Delta_f G^\circ (\text{PCl}_3, g) = -267.8 \text{ kJ mol}^{-1}$ ;  $\Delta_f G^\circ (\text{Cl}_2, g) = 0$ .
- 6.14. La constante de equilibrio  $K_p$  para la reacción:  $\text{H}_2 (g) + \text{CO}_2 (g) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} (g) + \text{CO} (g)$  es 4.40 a 2000 K. a) Calcula  $\Delta G^\circ$  a 2000 K. b) Calcula  $\Delta G$  de la reacción cuando las presiones parciales son:  $p(\text{H}_2) = 0.25 \text{ atm}$ ,  $p(\text{CO}_2) = 0.78 \text{ atm}$ ,  $p(\text{H}_2\text{O}) = 0.66 \text{ atm}$  y  $p(\text{CO}) = 1.20 \text{ atm}$ . ¿Qué reacción se produce de forma espontánea?
- 6.15. A 25 °C,  $\Delta G^\circ$  para la vaporización del agua es  $8.6 \text{ kJ mol}^{-1}$ . Calcula la presión de vapor del agua a esa temperatura.
- 6.16. Para la reacción  $\text{N}_2\text{O}_4 (g) \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2 (g)$ , se determinó a partir de medidas de la composición del equilibrio una constante  $K_p = 0.144$  a 25 °C, mientras que  $K_p = 0.321$  a 35 °C. Calcula  $\Delta H^\circ$ ,  $\Delta S^\circ$  y  $\Delta G^\circ$  a 25 °C para esta reacción, sin utilizar tablas de datos termodinámicos.
- 6.17. Estima la temperatura a la que  $K_p = 1.0 \cdot 10^6$  para el equilibrio:  $2 \text{SO}_2 (g) + \text{O}_2 (g) \rightleftharpoons 2 \text{SO}_3 (g)$ .  
 Datos:  $\Delta_f H^\circ (\text{SO}_3, g) = -395.7 \text{ kJ mol}^{-1}$ ;  $\Delta_f H^\circ (\text{SO}_2, g) = -296.8 \text{ kJ mol}^{-1}$ ;  $S^\circ (\text{SO}_3, g) = 256.8 \text{ kJ mol}^{-1}$ ;  $S^\circ (\text{SO}_2, g) = 248.2 \text{ kJ mol}^{-1}$ ;  $S^\circ (\text{O}_2, g) = 205.1 \text{ kJ mol}^{-1}$ .

---

### Soluciones

- 6.1. 0.0052 moles de  $\text{SO}_2$ , 0.0026 moles de  $\text{O}_2$ ,  $K_p = 41.6$ ,  $K_c = 3.1 \cdot 10^3$ .  
 6.2.  $[\text{PCl}_5] = 0.027 \text{ M}$ ,  $[\text{PCl}_3] = 0.177 \text{ M}$ ,  $[\text{Cl}_2] = 0.087 \text{ M}$ .  
 6.3. 32.4 g de HBr,  $K_c = K_p = 0.018$ .  
 6.4. a) 0.38 moles de  $\text{H}_2$ , 1.38 moles de  $\text{CO}_2$ , 1.62 moles de  $\text{H}_2\text{O}$ , 1.62 moles de  $\text{CO}$ ; b) (i) no se altera, (ii)  $\rightarrow$ , (iii)  $\leftarrow$ .  
 6.5.  $P(\text{CO}_2) = 2.54 \text{ atm}$ ,  $P(\text{CO}) = 1.96 \text{ atm}$ .  
 6.6. a)  $\rightarrow$ , b) igual, c) igual, d)  $\leftarrow$ .  
 6.7. a)  $\leftarrow$ , b) igual.

- 6.8. a, d, e)  $\leftarrow$ , b) igual, c)  $\rightarrow$ .
- 6.9. Si  $\Delta H < 0$  :  $\rightarrow$ , si  $\Delta H > 0$  :  $\leftarrow$
- 6.10. a)  $K_p = 2.48 \cdot 10^{-2}$ ; b)  $K_p = 6.53 \cdot 10^{-13}$ .
- 6.11.  $79.9 \text{ kJ mol}^{-1}$ .
- 6.12. a)  $\Delta G^\circ = -4.99 \text{ kJ mol}^{-1}$ ; b) (i) la reacción directa, (ii) la reacción inversa.
- 6.13. a)  $\Delta G = 37.2 \text{ kJ mol}^{-1}$ ,  $K_p = 3.0 \cdot 10^{-7}$ ; b)  $\Delta G = 46.2 \text{ kJ mol}^{-1}$ , se forma  $\text{PCl}_5$ .
- 6.14. a)  $-24.6 \text{ kJ mol}^{-1}$ , b)  $-1.3 \text{ kJ mol}^{-1}$ ; se produce la reacción directa.
- 6.15. 23 torr.
- 6.16.  $\Delta H^\circ = 61.2 \text{ kJ mol}^{-1}$ ,  $\Delta S^\circ = 189 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ,  $\Delta G^\circ = 4.8 \text{ kJ mol}^{-1}$ .
- 6.17. 653 K.
-