

Equilibrio químico***



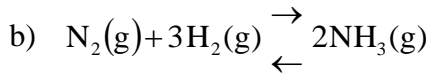
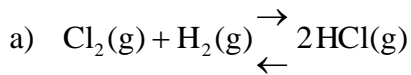
En la fotografía aparecen dos botellas de productos que se suelen utilizar en el hogar. La botella de la izquierda tiene como nombre comercial “agua fuerte”, químicamente es una disolución de cloruro de hidrógeno gaseoso disuelto en agua que recibe el nombre de ácido clorhídrico. La otra botella es una disolución acuosa del gas amoniaco.

Tanto el cloruro de hidrógeno como el amoniaco son dos productos industriales que se obtienen en grandes cantidades. El amoniaco se obtiene por síntesis a partir de sus elementos en presencia de un catalizador.

- Escribe la reacción de equilibrio entre 1 mol de cloro (gas) y 1 mol de hidrógeno (gas).
- Escribe la reacción de equilibrio entre 1 mol de nitrógeno (gas) y 3 moles de hidrógeno (gas).
- Escribe las expresiones de las constantes de equilibrio K_c y K_p para ambas reacciones
- En un recipiente de 2 litros de capacidad hay 1 mol de nitrógeno y 3 moles de hidrógeno a la temperatura de 600 K y un catalizador. Entre estos gases se produce una reacción que da lugar a la formación de amoniaco en equilibrio con el hidrógeno y el nitrógeno. La constante K_p a esta temperatura es $1,67 \cdot 10^{-3}$. Calcular los moles de cada sustancia en el equilibrio.
- Calcula la constante K_c para el equilibrio anterior a la misma temperatura.

Datos : $R = 0,082 \text{ (atm L)/(mol K)}$

Solución

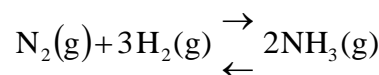


$$c) K_C = \frac{[\text{HCl}]^2}{[\text{Cl}_2][\text{H}_2]} ; K_P = \frac{P_{\text{HCl}}^2}{P_{\text{Cl}_2} \cdot P_{\text{H}_2}}$$

$$K_C = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3} ; K_P = \frac{P_{\text{NH}_3}^2}{P_{\text{N}_2} \cdot P_{\text{H}_2}^3}$$

Los paréntesis cuadrados significan concentraciones molares en el equilibrio expresadas en mol/L. Las p minúsculas son las presiones parciales de los gases en el equilibrio expresadas en atmósferas.

d)



Moles iniciales

antes del equilibrio 1 de N₂ ; 3 de H₂ ; 0 de NH₃

Moles en el

equilibrio 1-x de N₂ ; 3-3x de H₂ ; 2 x de NH₃

Presiones parciales de cada gas en el equilibrio

$$p_{\text{N}_2} \cdot 2\text{L} = (1-x)\text{mol} \cdot 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 600\text{K} \Rightarrow p_{\text{N}_2} = 24,6(1-x)\text{atm}$$

$$p_{\text{H}_2} \cdot 2\text{L} = (3-3x)\text{mol} \cdot 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 600\text{K} \Rightarrow p_{\text{H}_2} = 24,6(3-3x)\text{atm}$$

$$p_{\text{NH}_3} \cdot 2\text{L} = (2x)\text{mol} \cdot 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 600\text{K} \Rightarrow p_{\text{NH}_3} = 24,6(2x)\text{atm}$$

Aplicamos la expresión del equilibrio

$$K_P = \frac{P_{\text{NH}_3}^2}{P_{\text{N}_2} \cdot P_{\text{H}_2}^3} = \frac{24,6^2 \cdot 4x^2}{24,6(1-x) \cdot 24,6^3(3-3x)^3} = \frac{4x^2}{24,6^2 \cdot (1-x)[3(1-x)]^3} = 1,67 \cdot 10^{-3} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 4x^2 = (1-x)^4 \cdot 27,29 \Rightarrow \frac{x^2}{(1-x)^4} = 6,82 \Rightarrow \frac{x}{(1-x)^2} = 2,61 \Rightarrow x = 2,61(1+x^2-2x) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow x = 2,61 + 2,61x^2 - 5,22x \Rightarrow 2,61x^2 - 6,22x + 2,61 = 0 \Rightarrow x^2 - 2,38x + 1 = 0$$

Resolviendo la ecuación de segundo grado

$$x = \frac{2,38 \pm \sqrt{2,38^2 - 4}}{2} = \frac{2,38 \pm 1,29}{2}$$

Las dos soluciones son $x=0,545$ y $x=1,84$

La segunda solución es imposible puesto que la concentración de nitrógeno en el equilibrio es negativa.

Los moles en el equilibrio son:

De N_2 , $1-0,55=0,45$ mol ; de H_2 , $3-3\cdot 0,55=1,35$ mol ; de NH_3 , $2\cdot 0,55=1,10$ mol

e) La relación entre las dos constantes es:

$$K_p = K_c(RT)^{\Delta n} \quad K_c = \frac{K_p}{(RT)^{\Delta n}} = \frac{1,67 \cdot 10^{-3}}{(0,082 \cdot 600)^{(2-4)}} = 4,04$$

Se podría también calcular K_C de forma directa

Concentraciones en el equilibrio:

$$[NH_3] = \frac{1,10 \text{ mol}}{2,00 \text{ L}} = 0,55 \frac{\text{mol}}{\text{L}} ; [N_2] = \frac{0,45 \text{ mol}}{2,00 \text{ L}} = 0,23 \frac{\text{mol}}{\text{L}} ; [H_2] = \frac{1,35 \text{ mol}}{2,00 \text{ L}} = 0,68 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$K_C = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3} = \frac{0,55^2}{0,23 \cdot 0,68^3} = 4,18$$

La diferencia entre ambos valores se debe a las aproximaciones de R y de las concentraciones