

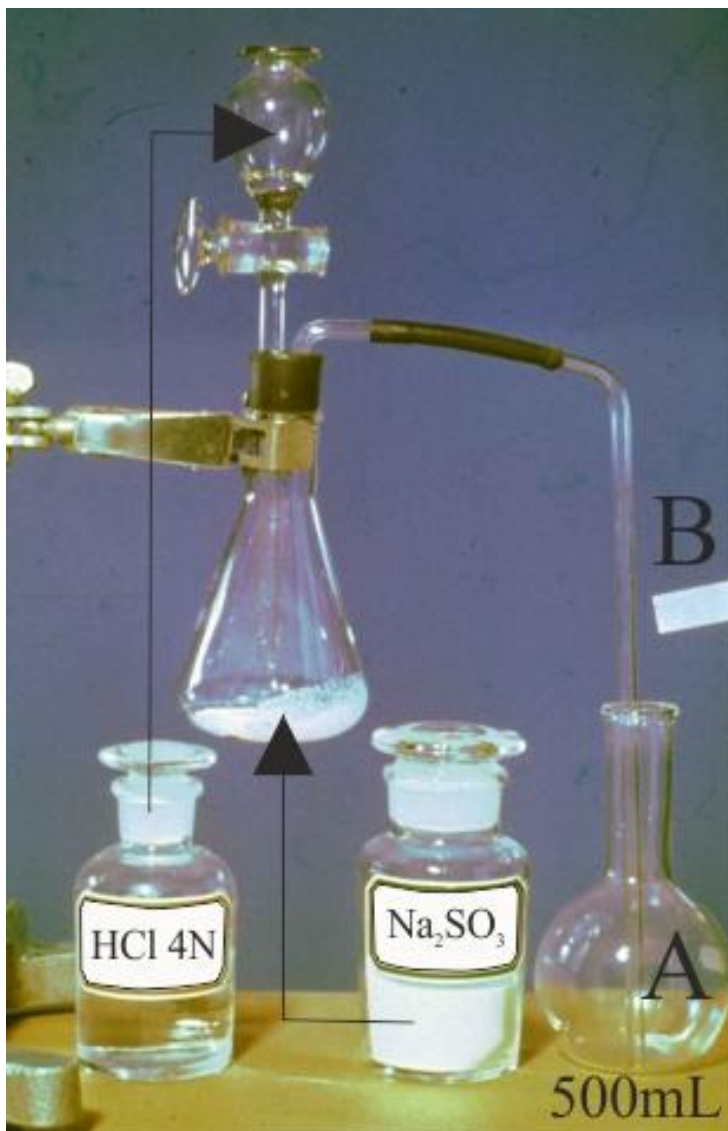
PROBLEMAS VISUALES DE QUÍMICA

PVQ19-1*

Tal como indica la fotografía se disponen un volumen de HCl 4N en el embudo de decantación y cantidad suficiente de sulfito sódico. Se abre la llave del embudo y el gas que se desprende llena al frasco A, desalojando al aire

- Qué gas se desprende en el frasco A. Formula la reacción.
- Qué volumen mínimo de HCl sería necesario para ello, siendo la temperatura a 17°C y 0,9 atm de presión.
- En B se dispone una tira de papel indicador humedecido. ¿Qué color tomaría?

Datos : R = 0,082 (atm L)/(mol K)



Fotografía 1

SOL:

- La reacción que se produce al abrir la llave de E y caer el líquido en A es:



- El gas que se desprende en la reacción es dióxido de azufre y es el gas que llena al frasco desplazando parcialmente al aire por su mayor densidad, aplicando la ecuación de estado de los gases y considerándolo como gas ideal:

$$\frac{n \cdot 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot (273 + 17) \text{K}}{0,9 \text{atm}} = 0,5 \text{L} \quad . \text{Despejando } n = 0,0189 \text{ mol de } \text{SO}_2$$

De acuerdo con la estequiometría de la reacción por cada mol de SO_2 , son necesarios dos moles de HCl por lo que harán falta 0,0378 mol de HCl. Una disolución 1 N de HCl indica que existe 1 equivalente gramo de HCl por cada litro de disolución, como un equivalente gramo en el caso del HCl es igual a un mol, la disolución de HCl es 4 molar (4 moles por cada litro).

$$\frac{1000 \text{mL}}{4 \text{mol}} = \frac{V \text{mL}}{0,0378} \Rightarrow V = \frac{37,8}{4} = 9,45 \text{mL de HCl}$$

- $\text{SO}_2(\text{gas}) + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3$. La reacción sería ácida enrojeciendo el papel indicador

PVQ 19-2. Equilibrio químico***



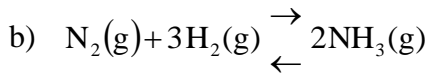
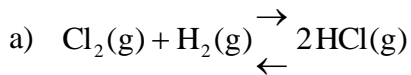
En la fotografía aparecen dos botellas de productos que se suelen utilizar en el hogar. La botella de la izquierda tiene como nombre comercial “agua fuerte”, químicamente es una disolución de cloruro de hidrógeno gaseoso disuelto en agua que recibe el nombre de ácido clorhídrico. La otra botella es una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

Tanto el cloruro de hidrógeno como el amoníaco son dos productos industriales que se obtienen en grandes cantidades. El amoníaco 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 amoníaco 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

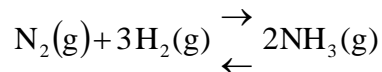


c) $K_C = \frac{[\text{HCl}]^2}{[\text{Cl}_2][\text{H}_2]}$; $K_p = \frac{P_{\text{HCl}}^2}{P_{\text{Cl}_2} \cdot P_{\text{H}_2}}$

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

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 N_2 ; 3 de H_2 ; 0 de NH_3

Moles en el

equilibrio 1-x de N_2 ; 3-3x de H_2 ; 2 x de NH_3

Presiones parciales de cada gas en el equilibrio

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

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

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

Aplicamos la expresión del equilibrio

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

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

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

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:

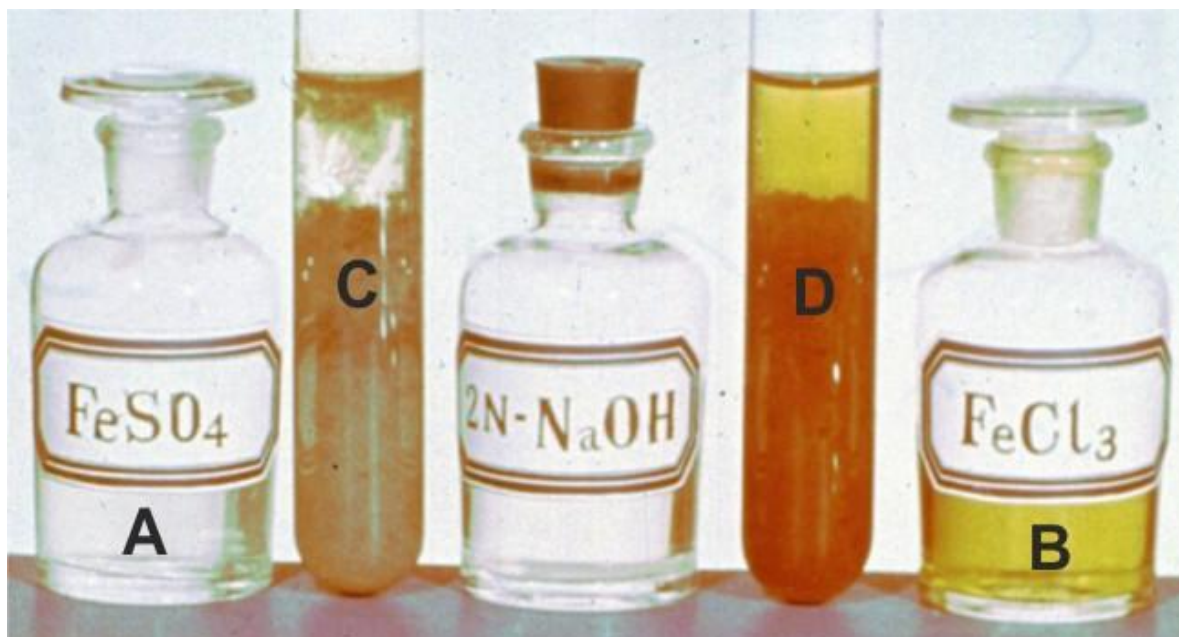
$$[NH_3] = \frac{1,10 \text{ mol}}{2,00 \text{ L}} = 0,55 \frac{\text{mol}}{\text{L}} ; [N_2] = \frac{0,45 \text{ mol}}{2,00 \text{ L}} = 0,23 \frac{\text{mol}}{\text{L}} ; [H_2] = \frac{1,35 \text{ mol}}{2,00 \text{ L}} = 0,68 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

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

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

PVQ19-3***

Iones ferroso y férrico



Fotografía 1

Dispones en A de una disolución de sulfato de hierro(II), a la que agregas hidróxido sódico 2N, produciéndose en C, una disolución blanca de hidróxido ferroso, que al cabo de cierto tiempo pasa a color verde oscuro, por oxidación parcial hasta hidróxido férrico, con el oxígeno disuelto en la disolución. En B, dispones de una disolución de cloruro de hierro(III), que al ser tratada por la misma disolución de hidróxido sódico, se forma en D directamente un precipitado de hidróxido férrico, marrón rojizo.

- Formula las reacciones que tienen lugar en C y en D, indicando sus características
- Si en ambos casos has empleado 10mL de NaOH, y la solubilidad del oxígeno en el agua a la temperatura y presión del proceso es de 10mg/L, ¿Se producirá la oxidación total del hidróxido de hierro(II)?
- Calcula la concentración de ion férrico final en C y D.

Los tubos de ensayo C y D, tienen un máximo de capacidad de 100mL

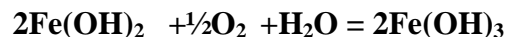
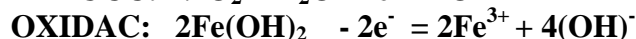
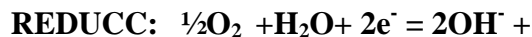
MASAS ATOMICAS. O=16

SOLUCIÓN

a) Reacciones en C:

La primera reacción en C, es de desplazamiento: $\text{FeSO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{Fe(OH)}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4$

La segunda en C, es redox:



Reacción en D: $\text{FeCl}_3 + 3\text{NaOH} = \text{Fe(OH)}_3 + 3\text{NaCl}$

b) Partimos de 10 mL de hidróxido sódico 4N lo que implica se usan en la reacción, dado que

la normalidad es equivalente a la molaridad $n_{\text{NaOH}} = 10\text{mL} \cdot \frac{1\text{L}}{1000\text{mL}} \cdot 4 \frac{\text{mol}}{\text{L}} = 0,04\text{mol}$ y.

Como la relación molar es de 2 de NaOH a 1 Fe(OH)₂, se formarán 0,02 mol del hidróxido, siendo necesarios 0,005 moles de oxígeno en su oxidación, según la estequiometría del ajuste redox

$$0,02\text{mol de hidróxido de hierro(II)} \cdot \frac{0,5\text{mol de oxígeno}}{2\text{mol de hidróxido de hierro(II)}} = 0,005\text{mol de oxígeno}$$

Como conocemos la solubilidad del oxígeno en la disolución en las condiciones del proceso

10mg/L, $n_{\text{O}_2} = 10\text{mg} \cdot \frac{1\text{g}}{1000\text{mg}} \cdot \frac{1\text{mol}}{32\text{g}} = 0,0003125\text{mol}$ en un litro, por lo tanto hay mucho

menos oxígeno del necesario, por lo que no se producirá la oxidación total del hidróxido de hierro(II)

c) Al no producirse la oxidación total del hidróxido de hierro(II), vamos a ver cuánto hidróxido de hierro (III) se produce en C, en función del oxígeno suministrado

Como la capacidad máxima de C es de 100ml, los moles de oxígeno que podrá haber en estas condiciones serán 0,00003125, o sea la décima parte de los que habría en un litro, y en número de moles de hidróxido de hierro(III) formados según la estequiometría redox serán:

$$0,00003125\text{mol de oxígeno} \cdot \frac{2\text{mol de hidróxido de hierro(III)}}{0,5\text{mol de oxígeno}} = 0,00013\text{mol de hidróxido de hierro(III)}$$

por lo que la concentración de Fe³⁺ en C, será de 0,0013M

En cambio en D, para esos mismos 0,04 moles de NaOH, según la estequiometría de la reacción se producirían :

$$0,04\text{mol de NaOH} \cdot \frac{3\text{mol de hidróxido de hierro(III)}}{1\text{mol de NaOH}} = 0,12\text{mol de Fe(OH)}_3$$

Si suponemos completamente lleno el tubo de ensayo

M= 0,12mol/0,1L=1,2M, por ese motivo el color de los dos tubos de ensayo es diferente, dado que en D, la concentración de de Fe³⁺, es muy superior.