

FUNDAMENTOS QUÍMICOS DE LA INGENIERÍA (mecánicos)- Febrero 2018 - 2ª semana

Problema (3,5 puntos)

1. Si en un recipiente vacío se introduce bicarbonato sódico sólido y se calienta a 393 K se establece un equilibrio entre este compuesto y los productos carbonato sódico sólido y dióxido de carbono y agua en estado gaseoso. Considere un recipiente de 10 L de capacidad en el que se introducen 4 moles de bicarbonato sódico sólido, 0,2 moles de carbonato sódico sólido, 0,2 moles de dióxido de carbono (gas) y 0,2 moles de agua (gas), si $K_c = 1,2 \cdot 10^{-3}$ a 393 K:
- Determinar hacia donde se desplazará la reacción en estas condiciones y, una vez alcanzado el equilibrio, calcular la concentración de las especies gaseosas y los gramos de cada uno de los productos sólidos en el equilibrio.
 - Determinar K_p y las presiones parciales de dióxido de carbono y agua en el equilibrio.
 - En caso de querer obtener más agua, ¿qué deberíamos hacer?. Si se añade más bicarbonato sódico al sistema, ¿qué le ocurrirá?. ¿Qué ocurrirá si a temperatura constante se aumenta la presión del reactor?.
 - Si la reacción que tiene lugar es endotérmica, razone que ocurrirá si se aumenta la temperatura.
- Datos: masas atómicas Na= 23,0; O= 16,0; H=1,0; C=12,0;
Constante gases $R= 0,082 \text{ atm.L/mol K}$

Cuestiones (1 punto cada una)

- Completar las siguientes reacciones químicas e indicar de qué tipo son:
 - $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}=\text{CH}_2 + \text{HBr} \rightarrow$
 - En medio ácido: $\text{H-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH} \rightarrow$
 - $\text{CH}\equiv\text{CH} + \text{HCl} \rightarrow$
- La pirita es un mineral de disulfuro de hierro que a partir de su tostación puede conducir a dióxido de azufre y óxido de hierro (III). Si el rendimiento total del proceso de tostación fuera del 80 %, calcular cuantas toneladas de óxido de hierro (III) podrían producirse si se parte de 800 toneladas de pirita con una riqueza en disulfuro de hierro del 76 %.
Datos: masas atómicas: S= 32,0; O= 16; Fe= 55,8.
- Determinar cuál será la solubilidad molar de yoduro de plomo (II) al agregarse a una disolución de yoduro de sodio 0,050 M. Datos: K_{ps} yoduro de plomo(II)= $1,4 \cdot 10^{-8}$.
- En el proceso electroquímico de corrosión del hierro en medio ácido se encuentran involucrados los sistemas iones hierro (II)/hierro y $\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$ cuyos potenciales de reducción estándar son -0,44 V y 1,23 V, respectivamente. Calcular cual será el potencial de la célula asociado al proceso de corrosión suponiendo que el pH del medio es 3 y la concentración de los iones hierro (II) es 1 M.
- Una mezcla de 7 L de agua y 5 L de un anticongelante (etilenglicol, $\text{CH}_2\text{OH-CH}_2\text{OH}$) se ha utilizado para llenar el radiador de un automóvil, determinar cuánto podrá enfriarse el radiador sin que llegue a congelarse.
Datos: masas atómicas C= 12; H=1; O= 16. Densidad de etilenglicol = $1,12 \text{ g/cm}^3$.
Constante crioscópica del agua= $1,86 \text{ }^\circ\text{C.Kg/mol}$.

Tema (1,5 puntos)

Aluminio, fuentes y métodos de obtención

SOLUCIONES

Problema (3,5 puntos)

1. Si en un recipiente vacío se introduce bicarbonato sódico sólido y se calienta a 393 K se establece un equilibrio entre este compuesto y los productos carbonato sódico sólido y dióxido de carbono y agua en estado gaseoso. Considere un recipiente de 10 L de capacidad en el que se introducen 4 moles de bicarbonato sódico sólido, 0,2 moles de carbonato sódico sólido, 0,2 moles de dióxido de carbono (gas) y 0,2 moles de agua (gas), si $K_c = 1,2 \cdot 10^{-3}$ a 393 K:
- Determinar hacia donde se desplazará la reacción en estas condiciones y, una vez alcanzado el equilibrio, calcular la concentración de las especies gaseosas y los gramos de cada uno de los productos sólidos en el equilibrio.
 - Determinar K_p y las presiones parciales de dióxido de carbono y agua en el equilibrio.
 - En caso de querer obtener más agua, ¿qué deberíamos hacer?. Si se añade más bicarbonato sódico al sistema, ¿qué le ocurrirá?. ¿Qué ocurrirá si a temperatura constante se aumenta la presión del reactor?.
 - Si la reacción que tiene lugar es endotérmica, razone que ocurrirá si se aumenta la temperatura.
- Datos: masas atómicas Na= 23,0; O= 16,0; H=1,0; C=12,0;
Constante gases $R= 0,082 \text{ atm.L/mol K}$

RESOLUCIÓN

La reacción que tiene lugar es: $2 \text{NaHCO}_3(\text{s}) \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$. Puesto que se trata de una reacción de equilibrio en la cual disponemos de unas ciertas cantidades de reactivos y productos, hemos de determinar cómo evolucionará. Hemos de tener en cuenta que se trata de un equilibrio heterogéneo y en la expresión de la constante solamente influyen aquellos componentes, ya sean reactivos o productos, que encuentren en estado gaseoso, pero no los que se encuentren en estado sólido, así, la expresión de la constante de este equilibrio es: $K_c = [\text{CO}_2] \cdot [\text{H}_2\text{O}]$

- a) Para determinar si el equilibrio se desplaza hacia algún lado, comprobaremos el valor de K con las cantidades iniciales: $K' = [\text{CO}_2] \cdot [\text{H}_2\text{O}] = \left(\frac{0,2}{10}\right) \cdot \left(\frac{0,2}{10}\right) = 4 \cdot 10^{-4}$ y dado que este valor es menor que el de la K_c que nos dan, el equilibrio se desplazará hacia la derecha, aumentando la cantidad de productos de reacción.

Para calcular las cantidades en equilibrio, hemos de plantearlo:

	$2 \text{NaHCO}_3(\text{s})$	\rightarrow	$\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s}) +$	$\text{CO}_2(\text{g}) +$	$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	$K_c = [\text{CO}_2] \cdot [\text{H}_2\text{O}]$ $K_c = 1,2 \cdot 10^{-3}$
Inicial	4 mol		0,2 mol	0,2 mol	0,2 mol	
En equilibrio	(4-2x)		(0,2+x)	(0,2+x)	(0,2+x)	

Siendo $x = n^\circ$ de moles de Na_2CO_3 que se forman, que es también el mismo número de moles de CO_2 y de H_2O formados.

Al sustituir en la expresión de K_c : $1,2 \cdot 10^{-3} = \left(\frac{0,2+x}{10}\right) \cdot \left(\frac{0,2+x}{10}\right)$; $1,2 \cdot 10^{-3} = \left(\frac{0,2+x}{10}\right)^2$:

$$\sqrt{1,2 \cdot 10^{-3}} = \left(\frac{0,2+x}{10}\right)^2; \quad 0,0346 = \frac{0,2+x}{10}; \quad 0,346 = 0,2+x; \quad x = 0,146 \text{ moles.}$$

Por consiguiente las cantidades de cada componente presentes en el equilibrio serán:

SÓLIDOS $\text{NaHCO}_3 = (4 - 2 \cdot x) = 4 - 2 \cdot 0,146 = 3,708 \text{ moles} = 3,708 \text{ mol} \cdot 84 \text{ g/mol}$
= **311,47 gramos**

$\text{Na}_2\text{CO}_3 = (0,2 + x) = 0,2 + 0,146 = 0,346 \text{ moles} = 0,346 \text{ mol} \cdot 106 \text{ g/mol}$
= **36,676 gramos**

GASES: Son CO_2 y H_2O , que se encuentran en la misma cantidad, que es:

$$(0,2 + x) = 0,2 + 0,146 = 0,346 \text{ moles y su concentración: } \frac{0,346 \text{ mol}}{10 \text{ L}} = \mathbf{0,0346 \text{ mol/L}}$$

- b) El valor de K_p lo determinamos a partir de la relación entre ambas constantes K_p y K_c , que es:
 $K_p = K_c \cdot (R \cdot T)^{\Delta n}$, donde $\Delta n = n^\circ$ moles productos - n° moles reactivos, y dado que solamente hay dos moles de productos gaseosos y ninguna de reactivos gaseosos, $\Delta n = 2$ y así:
 $K_p = K_c \cdot (R \cdot T)^2 = 1,2 \cdot 10^{-3} \cdot (0,082 \cdot 393)^2 = 1,246 \text{ atm}^2$

Para calcular las presiones parciales del CO_2 y del H_2O , que serán iguales ya que hay la misma cantidad de cada uno, aplicamos la ecuación general de los gases:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T; \quad P \cdot 10 = 0,346 \cdot 0,082 \cdot 393; \quad \mathbf{P = 1,115 \text{ atm}}$$

- c) Si queremos obtener más agua, hemos de introducir alguna modificación que desplace el equilibrio hacia la derecha (productos de reacción) y dado que los compuestos sólidos no intervienen en el valor de la constante de equilibrio: $K_c = [\text{CO}_2] \cdot [\text{H}_2\text{O}]$, solamente podemos conseguirlo disminuyendo la presión, así el equilibrio se desplazará hacia donde haya más cantidad de gases, o bien aumentando la temperatura, lo cual favorecerá la reacción endotérmica (nos indican que es así en el apartado d).

Si se aumenta la cantidad de bicarbonato, como acabamos de indicar, el equilibrio no sufrirá modificación alguna.

Si a temperatura constante aumenramos la presión del sistema, el equilibrio se desplazará hacia aquel miembro donde haya menos moles de gas, en este caso, se desplazará hacia la izquierda (se formará bicarbonato de sodio).

- d) Si la reacción es endotérmica, los aumentos de temperatura la favorecerán, por lo que se desplazará hacia la derecha (hacia los productos) formándose más CO_2 y agua.

Cuestiones (1 punto cada una)

1. Completar las siguientes reacciones químicas e indicar de qué tipo son:

- a) $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH} = \text{CH}_2 + \text{HBr} \rightarrow$
 b) En medio ácido: $\text{H-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH} \rightarrow$
 c) $\text{CH} \equiv \text{CH} + \text{HCl} \rightarrow$

RESOLUCIÓN

- a) $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH} = \text{CH}_2 + \text{HBr} \rightarrow \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CHBr} - \text{CH}_3 \rightarrow$ Reacción de adición
 b) $\text{H-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH} + \text{H}^+ \rightarrow \text{H-CH}_2\text{-CH}_2^+ + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ Reacción ácido-base
 c) $\text{CH} \equiv \text{CH} + \text{HCl} \rightarrow \text{CH}_2 = \text{CHCl} \rightarrow$ Reacción de adición

2. La pirita es un mineral de disulfuro de hierro que a partir de su tostación puede conducir a dióxido de azufre y óxido de hierro (III). Si el rendimiento total del proceso de tostación fuera del 80 %, calcular cuantas toneladas de óxido de hierro (III) podrían producirse si se parte de 800 toneladas de pirita con una riqueza en disulfuro de hierro del 76 %.

Datos: masas atómicas: S= 32,0; O= 16; Fe= 55,8.

RESOLUCIÓN

La reacción que tiene lugar, ya ajustada, es: $2.\text{FeS}_2 + \frac{11}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 + 4.\text{SO}_2$, en la cual partimos de 800 Tm con una riqueza del 76%, es decir: $800 \cdot 0,76 = 608$ Tm de disulfuro puro, que es la cantidad que hemos de utilizar en los cálculos estequiométricos de la reacción:

2.FeS₂ +	$\frac{11}{2}\text{O}_2$	→	Fe₂O₃ +	4.SO₂
2mol = 2.119,8 g			1 mol =159,6 g	
608 Tm			X	

De donde: $x = \frac{608 \cdot 159,6}{2.119,8} = 405$ Tm de Fe₂O₃ puro que se obtendrán si el rendimiento es del 100%

Pero como ya nos indican que el rendimiento del proceso es solamente del 80%, en realidad solamente obtendremos el 80% de dicha cantidad, es decir:

Cantidad real de Fe₂O₃ obtenida = $405 \cdot 0,80 = 324$ Tm de Fe₂O₃

3. Determinar cuál será la solubilidad molar de yoduro de plomo (II) al agregarse a una disolución de yoduro de sodio 0,050 M. Datos: K_{ps} yoduro de plomo(II)= 1,4.10⁻⁸.

RESOLUCIÓN

La expresión del producto de solubilidad es: $\text{PbI}_2(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Pb}^{2+} + 2.\text{I}^-$ por lo que: $K_{ps} = [\text{Pb}^{2+}] \cdot [\text{I}^-]^2$

En este caso concreto, antes que se inicie la disociación del PbI₂ en la disolución ya hay una cierta cantidad de iones I⁻ procedentes de la disociación del NaI: $\text{NaI} \rightleftharpoons \text{Na}^+ + \text{I}^-$. Dado que en este caso la disociación es completa y que cada molécula de NaI origina un ion I⁻, la concentración de este será la misma que la inicial del NaI, es decir 0,050 M. Por tanto para el PbI₂ tendremos:

	PbI₂(s)	⇌	Pb²⁺ +	2.I⁻
Inicial	C		---	0,050
En el equilibrio	C-S		S	0,050+2S

$K_{ps} = [\text{Pb}^{2+}] \cdot [\text{I}^-]^2$; $1,4 \cdot 10^{-8} = (\text{S}) \cdot (0,050 + \text{S})^2$
 como $0,050 \gg 2\text{S} \rightarrow 0,050 + 2\text{S} \approx 0,050$, y así:

$1,4 \cdot 10^{-8} = (\text{S}) \cdot (0,050)^2$; $\text{S} = \frac{1,4 \cdot 10^{-8}}{0,050^2} = 5,6 \cdot 10^{-6}$

es decir, la solubilidad es **S = 5,6.10⁻⁶ mol/L**

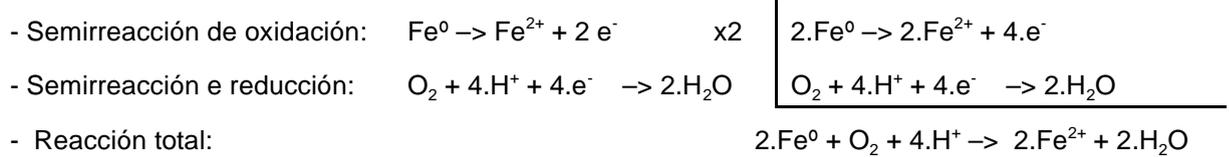
Siendo C: La cantidad inicial de PbI₂ (No influye en nada)

S: Solubilidad = moles de PbI₂ disueltos y disociados.

4. En el proceso electroquímico de corrosión del hierro en medio ácido se encuentran involucrados los sistemas iones hierro (II)/hierro y O₂/H₂O cuyos potenciales de reducción estándar son -0,44 V y 1,23 V, respectivamente. Calcular cual será el potencial de la célula asociado al proceso de corrosión suponiendo que el pH del medio es 3 y la concentración de los iones hierro (II) es 1 M.

RESOLUCIÓN

Las semirreacciones asociadas al proceso son



El potencial de esta célula se determina mediante la ecuación de Nernst, que para este caso es:

$$E = \sum E^\circ - \frac{R.T}{n.F} \ln Kc \implies E = E^\circ_{\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}} - E^\circ_{\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}} - \frac{8,31.298}{4.96500} \ln \frac{[\text{Fe}^{2+}]^2}{[\text{H}^+]^4}$$

$$E = 1,23 - (-0,44) - 0,0064. \ln \frac{1}{(10^{-1})^4} \implies E = 1,67 - 0,0064. \ln 10^{12} = 1,67 - 0,0064.27,63; \mathbf{E = 1,49 \text{ v}}$$

5. Una mezcla de 7 L de agua y 5 L de un anticongelante (etilenglicol, $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CH}_2\text{OH}$) se ha utilizado para llenar el radiador de un automóvil, determinar cuánto podrá enfriarse el radiador sin que llegue a congelarse.

Datos: masas atómicas C= 12; H=1; O= 16. Densidad de etilenglicol = 1,12 g/cm³.

Constante crioscópica del agua= 1,86 °C.Kg/ mol.

RESOLUCIÓN

La expresión que nos permite calcular el descenso crioscópico de una disolución de un soluto no volátil es: $\Delta T = -k.m = -k. \frac{\text{Molesoluto}}{\text{Kgdisolvente}}$

En este caso el soluto es el etilenglicol (Pm = 62) del cual tenemos 5 L $\implies g = 1,12.5000 = 5600 \text{ g}$ mientras que el disolvente es el agua, del cual tenemos 7 L, cuya masa son 7 Kg

Al sustituir en la expresión anterior, nos quedará:

$$\Delta T = -1,86. \frac{5600}{7} = -24^\circ\text{C}, \text{ es decir, que puede aguantar sin congelarse hasta } \mathbf{-24^\circ\text{C}}$$

Tema (1,5 puntos)

Aluminio, fuentes y métodos de obtención.

Ver página 449 y siguientes del texto recomendado

Texto recomendado: QUÍMICA APLICADA A LA INGENIERÍA. Caselles, M.J., Gómez, M.R., Molero, M. y Sardá, J. Ed, UNED. Madrid (2015)