

Responda solo a uno de estos dos apartados (3D o 3E):

- 3D) ¿Cuál será el ion más probable que formará el elemento B? Compare razonadamente el radio del átomo B neutro con el de su ion. (0,5 puntos)
- 3E) Indique las posibles combinaciones de números cuánticos (n , l , m_l , m_s) que podría tener el electrón más energético del elemento D. (0,5 puntos)

PREGUNTA 4. (2 puntos)

Responda solo a uno de estos dos apartados (4A o 4B):

- 4A) a) Se adicionan 5 mg de BaCO_3 en 400 mL de agua a 298 K, ¿se disolverá todo el sólido? (1 punto)
- b) ¿La expresión del producto de solubilidad del $\text{Pb}(\text{IO}_3)_2$ es $K_{ps} = [\text{Pb}^{2+}]^2 [\text{IO}_3^-]^2$? Razone la respuesta. (0,5 puntos)
- c) En una disolución saturada de Na_3PO_4 , la $[\text{Na}^+]$ es 0,3 M, ¿cuál es la solubilidad molar del Na_3PO_4 ? (0,5 puntos)
- Datos: $K_{ps}(\text{BaCO}_3) = 5 \cdot 10^{-9}$. Masas atómicas: Ba = 137,3; C = 12; O = 16.

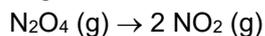
- 4B) Dada la reacción: $2 \text{A} (\text{g}) + \text{B} (\text{g}) \rightarrow 2 \text{C} (\text{g}) + \text{D} (\text{g})$, se sabe que es de primer orden respecto al reactivo A y de segundo orden respecto al reactivo B. Responda las siguientes cuestiones justificando cada respuesta:
- a) Escriba la expresión de la ecuación de velocidad de esta reacción. Determine cuál es el orden global de la reacción. (0,5 puntos)
- b) Si el volumen del reactor se reduce manteniendo la temperatura constante, ¿qué ocurrirá con la velocidad de la reacción? (0,5 puntos)
- c) Si la temperatura del sistema aumenta, ¿qué efecto tendrá sobre la velocidad de reacción? (0,5 puntos)
- d) ¿Cómo afectará a la velocidad de reacción la adición de un catalizador? ¿El catalizador influirá en la cantidad de productos obtenidos? (0,5 puntos)

PREGUNTA 5. (2 puntos)

Responda solo a uno de estos dos apartados (5A o 5B):

- 5A) Justifique si los siguientes procesos redox son espontáneos o no en condiciones estándar. En cada caso ajuste la ecuación e identifique al oxidante y al reductor.
- a) $\text{Zn} + \text{H}^+ \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{H}_2$ (0,5 puntos)
- b) $\text{Cu}^{2+} + \text{Ag} \rightarrow \text{Cu} + \text{Ag}^+$ (0,5 puntos)
- c) $\text{I}_2 + \text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{I}^- + \text{Fe}^{3+}$ (0,5 puntos)
- d) $\text{Cr} + \text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Cr}^{3+} + \text{Fe}^{2+}$ (0,5 puntos)
- Datos: $\varepsilon^\circ(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = +0,34 \text{ V}$; $\varepsilon^\circ(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0,76 \text{ V}$; $\varepsilon^\circ(\text{Ag}^+/\text{Ag}) = +0,80 \text{ V}$; $\varepsilon^\circ(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) = +0,77 \text{ V}$; $\varepsilon^\circ(\text{I}_2/\text{I}^-) = +0,54 \text{ V}$; $\varepsilon^\circ(\text{Cr}^{3+}/\text{Cr}) = -0,74 \text{ V}$; $\varepsilon^\circ(\text{H}^+/\text{H}_2) = 0,0 \text{ V}$.

5B) La reacción de disociación del N_2O_4 es la siguiente:



- a) Calcule la entalpía molar estándar del proceso y razone si la reacción de disociación del N_2O_4 es una reacción endotérmica o exotérmica. (0,75 puntos)
- b) Calcule la variación de entropía de la reacción y razone si en la reacción de disociación del N_2O_4 disminuye o aumenta el desorden. (0,75 puntos)
- c) Justifique si la reacción de disociación del N_2O_4 en condiciones estándar ($T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$) es una reacción espontánea. (0,5 puntos)

Datos ($25 \text{ }^\circ\text{C}$): $\Delta H_f^\circ (\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$: $\text{N}_2\text{O}_4 (\text{g}) = 9,2$; $\text{NO}_2 (\text{g}) = 33,2$.

$S^\circ (\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})$: $\text{N}_2\text{O}_4 (\text{g}) = 304,3$; $\text{NO}_2 (\text{g}) = 240,1$.

CRITERIOS ESPECÍFICOS DE CORRECCIÓN

- Las puntuaciones máximas figuran en los apartados de cada pregunta y sólo se podrán alcanzar cuando la solución sea correcta y el resultado esté convenientemente razonado.
- En los problemas donde haya que resolver varios apartados en los que la solución numérica obtenida en uno de ellos sea imprescindible para resolver el siguiente, se puntuará éste independientemente del resultado anterior, salvo que el resultado sea incoherente.
- En caso de error algebraico sólo se penalizará gravemente una solución incorrecta cuando sea incoherente; si la solución es coherente, el error se penalizará con 0,25 puntos como máximo.
- Se exigirá que los resultados de los distintos ejercicios sean obtenidos paso a paso y que estén debidamente razonados.
- Los errores de formulación se podrán penalizar con hasta 0,25 puntos por fórmula, pero en ningún caso se podrá obtener una puntuación negativa.

PREGUNTA 1. (2 puntos)

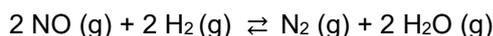
1. Los óxidos de nitrógeno (NO_x) son una familia de compuestos gaseosos formados en procesos de combustión a altas temperaturas, como en motores diésel, plantas industriales y centrales eléctricas. Los más comunes son el NO y el NO₂. En el aire, los NO_x reaccionan con otros compuestos y forman smog fotoquímico, una niebla contaminante que dificulta la respiración y afecta especialmente a personas con asma o problemas pulmonares. También contribuyen a la lluvia ácida, que daña suelos, bosques, ríos y edificios. Además, los NO_x ayudan a la formación de ozono en la parte baja de la atmósfera, un gas que, aunque en la capa de ozono es beneficioso, a nivel del suelo es tóxico para los seres vivos y perjudica el crecimiento de las plantas.



Los compuestos reductores, como el amoníaco o el Adblue (disolución acuosa de urea) usado en vehículos diésel, descomponen los NO_x en componentes menos dañinos, como el nitrógeno y el vapor de agua, reduciendo así las emisiones ambientales.

El hidrógeno molecular (H₂) se está estudiando como agente reductor alternativo para la eliminación de NO_x, ya que ofrece ventajas como que puede funcionar a temperaturas más bajas que otros métodos y, si el hidrógeno proviene de fuentes renovables, ayuda a reducir aún más la contaminación. Esto lo convierte en una alternativa prometedora para hacer que los motores y las industrias sean más limpias y respetuosas con el medio ambiente.

En una prueba utilizando este último método de eliminación de NO_x, se introdujeron en un recipiente un mol de monóxido de nitrógeno y otro mol de dihidrógeno, y se calentaron hasta 750 K, alcanzándose el siguiente equilibrio:



En el equilibrio, la presión total fue de 10,9 atm y el grado de disociación del NO fue 0,7.

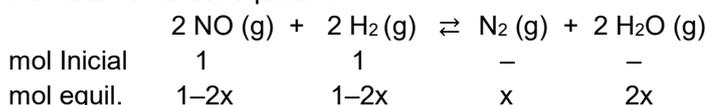
a) Calcule las presiones parciales de todos los componentes en dicho equilibrio. (1,2 puntos)

b) Calcule los valores de K_p y K_c para ese equilibrio a 750 K. (0,8 puntos)

Dato: $R = 0,082 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

RESPUESTA

a) Planteamiento del equilibrio:



Planteamiento: (0,3 puntos)

Cálculo de x usando el grado de disociación del NO:

$$\alpha = \frac{\text{moles disociados}}{\text{moles iniciales}} = \frac{2x}{1} = 0,7 \Rightarrow x = 0,35 \quad (0,3 \text{ puntos})$$

Cálculo del número de moles de cada especie y el número total de moles en el equilibrio:

$$n(\text{NO}) = 1 - 2x = 0,3 \text{ mol} \quad (0,05 \text{ puntos})$$

$$n(\text{H}_2) = 1 - 2x = 0,3 \text{ mol} \quad (0,05 \text{ puntos})$$

$$n(\text{N}_2) = x = 0,35 \text{ mol} \quad (0,05 \text{ puntos})$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 2x = 0,7 \text{ mol} \quad (0,05 \text{ puntos})$$

$$\text{Número total de moles} \Rightarrow n_T = 0,3 + 0,3 + 0,35 + 0,7 = 1,65$$

Cálculo de las presiones parciales: **(0,1 puntos cada una)**

$$P_{\text{NO}} = X_{\text{NO}} \cdot P_T \Rightarrow P_{\text{NO}} = \frac{0,3}{1,65} \cdot 10,9 = 1,98 \text{ atm}$$

$$P_{\text{H}_2} = X_{\text{H}_2} \cdot P_T \Rightarrow P_{\text{H}_2} = \frac{0,3}{1,65} \cdot 10,9 = 1,98 \text{ atm}$$

$$P_{\text{N}_2} = X_{\text{N}_2} \cdot P_T \Rightarrow P_{\text{N}_2} = \frac{0,35}{1,65} \cdot 10,9 = 2,31 \text{ atm}$$

$$P_{\text{H}_2\text{O}} = X_{\text{H}_2\text{O}} \cdot P_T \Rightarrow P_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{0,7}{1,65} \cdot 10,9 = 4,62 \text{ atm}$$

b) Cálculo de K_p :

$$K_p = \frac{P_{\text{N}_2} \cdot (P_{\text{H}_2\text{O}})^2}{(P_{\text{NO}})^2 \cdot (P_{\text{H}_2})^2} = \frac{2,31 \cdot 4,62^2}{1,98^2 \cdot 1,98^2} = 3,2 \quad (0,4 \text{ puntos})$$

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n} \Rightarrow \text{Como } \Delta n = 3 - 4 = -1$$

$$3,2 = K_c (0,082 \cdot 750)^{-1} \Rightarrow K_c = 196,8 \quad (0,4 \text{ puntos})$$

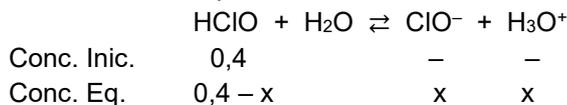
PREGUNTA 2. (2 puntos)

a) Calcule el pH de una disolución 0,4 M de ácido hipocloroso (HClO). ($K_a = 2,9 \cdot 10^{-8}$) (0,9 puntos)

b) Calcule el pH de la disolución obtenida al añadir 90 cm³ de una disolución 0,2 M de NaOH a 60 cm³ de una disolución 0,5 M de HCl. Considere los volúmenes aditivos. (1,1 puntos)

RESPUESTA

a) Planteamiento del equilibrio. **(0,3 puntos)**



Cálculo de x. **(0,4 puntos)**

La x del denominador se puede despreciar porque K_a es muy pequeña y la disolución no está muy diluida (si no se justifica -0,1 puntos).

$$K_a = 2,9 \cdot 10^{-8} = \frac{[\text{ClO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HClO}]} = \frac{x^2}{0,4-x} \sim \frac{x^2}{0,4} \Rightarrow x = [\text{H}_3\text{O}^+] = 1,08 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

Cálculo del pH. **(0,2 puntos)**

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] \Rightarrow \text{pH} = -\log (1,08 \cdot 10^{-4}) = 3,97$$

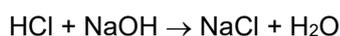
b) Cálculo de las cantidades iniciales **(0,2 puntos)**

$$1 \text{ cm}^3 = 1 \text{ mL}$$

$$0,5 \text{ M} = n / 0,06 \text{ L} \Rightarrow n = 0,03 \text{ mol de HCl}$$

$$0,2 \text{ M} = n / 0,09 \text{ L} \Rightarrow n = 0,018 \text{ mol de NaOH}$$

Determinación del reactivo limitante (o del que está en exceso) **(0,25 puntos)**



3E) La configuración electrónica del elemento **D** es: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$ **(0,1 puntos)**

El electrón más energético del elemento D estará situado en el orbital ocupado de más alta energía, es decir, el orbital 3p. Así, $n = 3$ y $l = 1$ (orbital p). Como $m_l = -l, \dots, 0, \dots, +l$, en este caso, m_l puede ser $-1, 0$ y $+1$, el subnivel p tiene 3 orbitales degenerados. El número de espín, m_s podrá ser, en cada caso, $-1/2$ o $+1/2$. **(0,2 puntos)**

Así, las posibles combinaciones de números cuánticos para ese electrón serán: **(0,2 puntos)**

- (3, 1, -1 , $+1/2$)
- (3, 1, -1 , $-1/2$)
- (3, 1, 0, $+1/2$)
- (3, 1, 0, $-1/2$)
- (3, 1, 1, $+1/2$)
- (3, 1, 1, $-1/2$)

PREGUNTA 4. (2 puntos)

Responda solo a uno de estos dos apartados (4A o 4B):

4A) a) Se adicionan 5 mg de $BaCO_3$ en 400 mL de agua a 298 K, ¿se disolverá todo el sólido? (1 punto)

b) ¿La expresión del producto de solubilidad del $Pb(IO_3)_2$ es $K_{ps} = [Pb^{2+}]^2 [IO_3^-]$? Razone la respuesta. (0,5 puntos)

c) En una disolución saturada de Na_3PO_4 , la $[Na^+]$ es 0,3 M, ¿cuál es la solubilidad molar del Na_3PO_4 ? (0,5 puntos)

Datos: $K_{ps}(BaCO_3) = 5 \cdot 10^{-9}$. Masas atómicas: Ba = 137,3; C = 12; O = 16.

4B) Dada la reacción: $2 A (g) + B (g) \rightarrow 2 C (g) + D (g)$, se sabe que es de primer orden respecto al reactivo A y de segundo orden respecto al reactivo B. Responda las siguientes cuestiones justificando cada respuesta:

a) Escriba la expresión de la ecuación de velocidad de esta reacción. Determine cuál es el orden global de la reacción. (0,5 puntos)

b) Si el volumen del reactor se reduce manteniendo la temperatura constante, ¿qué ocurrirá con la velocidad de la reacción? (0,5 puntos)

c) Si la temperatura del sistema aumenta, ¿qué efecto tendrá sobre la velocidad de reacción? (0,5 puntos)

d) ¿Cómo afectará a la velocidad de reacción la adición de un catalizador? ¿El catalizador influirá en la cantidad de productos obtenidos? (0,5 puntos)

RESPUESTA 4A

4A) a) Equilibrio de solubilidad:



$$K_{ps} = [Ba^{2+}] [CO_3^{2-}] \quad (0,2 \text{ puntos})$$

$$K_{ps} = s \cdot s = s^2$$

$$K_{ps} = 5 \times 10^{-9} = s^2 \Rightarrow s = 7,07 \times 10^{-5} \text{ mol/L} \quad (0,3 \text{ puntos})$$

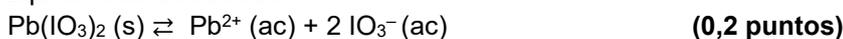
Cálculo de la masa de $BaCO_3$ que se disuelve en 400 mL de agua: **(0,2 puntos)**

$$0,4 \text{ L} \times \frac{7,07 \times 10^{-5} \text{ mol de } BaCO_3}{1 \text{ L}} \times \frac{197,3 \text{ g } BaCO_3}{1 \text{ mol } BaCO_3} = 5,58 \times 10^{-3} \text{ g } BaCO_3 = 5,58 \text{ mg } BaCO_3$$

Por lo tanto, sí se van a disolver los 5 mg que se han añadido. **(0,1 puntos)**

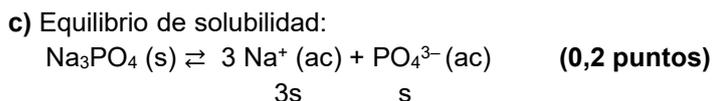
Nota: Otra alternativa de resolución correcta sería mediante el cálculo de Q_{ps} y su comparación con K_{ps} .

b) Equilibrio de solubilidad:



$$\text{Expresión de su } K_{ps}: K_{ps} = [Pb^{2+}] [IO_3^-]^2$$

No es correcta la expresión del producto de solubilidad indicada ($K_{ps} = [Pb^{2+}]^2 [IO_3^-]$) puesto que la $[IO_3^-]$ tiene que ir elevada al cuadrado y no la $[Pb^{2+}]$. **(0,3 puntos)**



Así,

$$[\text{Na}^+] = 0,3 \text{ M} = 3s \Rightarrow s = 0,1 \text{ M} \quad (0,3 \text{ puntos})$$

RESPUESTA 4B

- a) Expresión de la velocidad: $v = k [\text{A}] [\text{B}]^2$ (0,25 puntos)
 El orden global es la suma de los órdenes parciales de cada reactivo, por lo tanto, en este caso es 3 (1 + 2). (0,25 puntos)
- b) Si el volumen del reactor se reduce, la concentración de los reactivos aumentaría. Como la velocidad de reacción depende de las concentraciones de los reactivos, si éstas aumentan, la velocidad de reacción también. (0,5 puntos)
- c) Al aumentar la temperatura, las moléculas de los reactivos se mueven con una mayor velocidad, aumenta el número de moléculas activadas, es decir, con energía cinética superior a la de activación y con ello aumenta el número de choques efectivos, aumentando así la velocidad de la reacción.
 Otra explicación puede hacerse a partir de la ecuación de Arrhenius. Esta ecuación establece la relación entre la constante de velocidad y la temperatura $k = A \cdot e^{-E_a/RT}$, si la temperatura aumenta también lo va a hacer el valor de la constante de velocidad, y con ello la velocidad de reacción. (0,5 puntos)
- d) La adición de un catalizador aumenta la velocidad de reacción porque hace que la reacción transcurra por otro camino por el que la energía de activación es más baja. (0,25 puntos)
 Los catalizadores no alteran el rendimiento de una reacción, sólo permiten obtener los productos más rápidamente. (0,25 puntos)

PREGUNTA 5. (2 puntos)

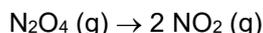
Responda solo a uno de estos dos apartados (5A o 5B):

5A) Justifique si los siguientes procesos redox son espontáneos o no en condiciones estándar. En cada caso ajuste la ecuación e identifique al oxidante y al reductor.

- a) $\text{Zn} + \text{H}^+ \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{H}_2$ (0,5 puntos)
 b) $\text{Cu}^{2+} + \text{Ag} \rightarrow \text{Cu} + \text{Ag}^+$ (0,5 puntos)
 c) $\text{I}_2 + \text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{I}^- + \text{Fe}^{3+}$ (0,5 puntos)
 d) $\text{Cr} + \text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Cr}^{3+} + \text{Fe}^{2+}$ (0,5 puntos)

Datos: $\varepsilon^\circ(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = + 0,34 \text{ V}$; $\varepsilon^\circ(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = - 0,76 \text{ V}$; $\varepsilon^\circ(\text{Ag}^+/\text{Ag}) = + 0,80 \text{ V}$; $\varepsilon^\circ(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) = + 0,77 \text{ V}$; $\varepsilon^\circ(\text{I}_2/\text{I}^-) = + 0,54 \text{ V}$; $\varepsilon^\circ(\text{Cr}^{3+}/\text{Cr}) = - 0,74 \text{ V}$; $\varepsilon^\circ(\text{H}^+/\text{H}_2) = 0,0 \text{ V}$.

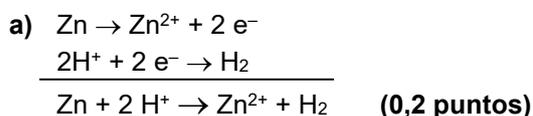
5B) La reacción de disociación del N_2O_4 es la siguiente:



- a) Calcule la entalpía molar estándar del proceso y razone si la reacción de disociación del N_2O_4 es una reacción endotérmica o exotérmica. (0,75 puntos)
 b) Calcule la variación de entropía de la reacción y razone si en la reacción de disociación del N_2O_4 disminuye o aumenta el desorden. (0,75 puntos)
 c) Justifique si la reacción de disociación del N_2O_4 en condiciones estándar ($T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$) es una reacción espontánea. (0,5 puntos)

Datos ($25 \text{ }^\circ\text{C}$): $\Delta H_f^\circ (\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1})$: $\text{N}_2\text{O}_4 (\text{g}) = 9,2$; $\text{NO}_2 (\text{g}) = 33,2$.
 $S^\circ (\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1})$: $\text{N}_2\text{O}_4 (\text{g}) = 304,3$; $\text{NO}_2 (\text{g}) = 240,1$.

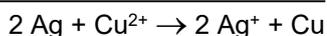
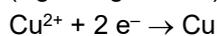
RESPUESTA 5A



Para que las reacciones sean espontáneas se tiene que cumplir que ΔG sea menor que 0, y como $\Delta G^\circ = - nF\Delta\varepsilon^\circ$, $\Delta\varepsilon^\circ > 0$, es decir, $\varepsilon^\circ(\text{reducción}) - \varepsilon^\circ(\text{oxidación}) > 0$.

$\Delta\varepsilon^{\circ} = \varepsilon^{\circ}(\text{H}^{+}/\text{H}_2) - \varepsilon^{\circ}(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = 0,0 - (-0,76) = +0,76 \text{ V} \Rightarrow$ Es espontánea. **(0,2 puntos)**
 El Zn pierde electrones, se oxida, por tanto, es el reductor. **(0,05 puntos)**
 El H^{+} gana electrones, se reduce, por tanto, es el oxidante. **(0,05 puntos)**

b) $(\text{Ag} \rightarrow \text{Ag}^{+} + 1 \text{ e}^{-}) \times 2$



(0,2 puntos)

$\Delta\varepsilon^{\circ} = \varepsilon^{\circ}(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) - \varepsilon^{\circ}(\text{Ag}^{+}/\text{Ag}) = +0,34 - (+0,80) = -0,46 \text{ V} \Rightarrow$ No es espontánea. **(0,2 puntos)**

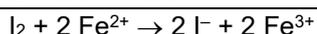
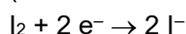
La Ag pierde electrones, se oxida, por tanto, es el reductor.

(0,05 puntos)

El Cu^{2+} gana electrones, se reduce, por tanto, es el oxidante.

(0,05 puntos)

c) $(\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+} + 1 \text{ e}^{-}) \times 2$



(0,2 puntos)

$\Delta\varepsilon^{\circ} = \varepsilon^{\circ}(\text{I}_2/\text{I}^{-}) - \varepsilon^{\circ}(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) = +0,54 - (+0,77) = -0,23 \text{ V} \Rightarrow$ No es espontánea. **(0,2 puntos)**

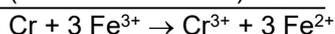
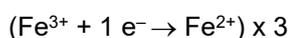
El Fe^{2+} pierde electrones, se oxida, por tanto, es el reductor.

(0,05 puntos)

El I_2 gana electrones, se reduce, por tanto, es el oxidante.

(0,05 puntos)

d) $\text{Cr} \rightarrow \text{Cr}^{3+} + 3 \text{ e}^{-}$



(0,2 puntos)

$\Delta\varepsilon^{\circ} = \varepsilon^{\circ}(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) - \varepsilon^{\circ}(\text{Cr}^{3+}/\text{Cr}) = +0,77 - (-0,74) = +1,51 \text{ V} \Rightarrow$ Es espontánea. **(0,2 puntos)**

El Cr pierde electrones, se oxida, por tanto, es el reductor.

(0,05 puntos)

El Fe^{3+} gana electrones, se reduce, por tanto, es el oxidante.

(0,05 puntos)

RESPUESTA 5B

a) Cálculo de la entalpía de la reacción: $\text{N}_2\text{O}_4 (\text{g}) \rightarrow 2 \text{ NO}_2 (\text{g})$

$$\Delta H^{\circ}_{\text{reacción}} = \sum \Delta H_f^{\circ} (\text{productos}) - \sum \Delta H_f^{\circ} (\text{reactivos})$$

$$\Delta H^{\circ}_{\text{reacción}} = 2 \Delta H_f^{\circ} (\text{NO}_2) - \Delta H_f^{\circ} (\text{N}_2\text{O}_4)$$

$$\Delta H^{\circ}_{\text{reacción}} = 2 \cdot (33,2) - (9,2) = +57,2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

(0,5 puntos)

(Nota: Si responden + 57,2 kJ también será correcto en este caso)

Como $\Delta H^{\circ}_{\text{reacción}} > 0$, la reacción absorbe calor, es endotérmica. **(0,25 puntos)**

b) Cálculo de la variación de entropía: $\text{N}_2\text{O}_4 (\text{g}) \rightarrow 2 \text{ NO}_2 (\text{g})$

$$\Delta S^{\circ}_{\text{reacción}} = \sum S^{\circ} (\text{productos}) - \sum S^{\circ} (\text{reactivos})$$

$$\Delta S^{\circ}_{\text{reacción}} = 2 S^{\circ} (\text{NO}_2) - S^{\circ} (\text{N}_2\text{O}_4)$$

$$\Delta S^{\circ}_{\text{reacción}} = 2 \cdot (240,1) - (304,3) = +175,9 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

(0,5 puntos)

$$\Delta S^{\circ}_{\text{reacción}} = +175,9 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} = 0,1759 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

Como $\Delta S^{\circ}_{\text{reacción}} > 0$, en la reacción de disociación crece la entropía, es decir, aumenta el desorden. **(0,25 puntos)**

c) $\Delta G^{\circ}_r = \Delta H^{\circ}_r - T \Delta S^{\circ}_r \Rightarrow \Delta G^{\circ}_r = 57,2 - (298 \cdot 0,1759) = +4,78 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

Como $\Delta G^{\circ}_r > 0$, el proceso no es espontáneo.

(0,5 puntos)