



QUÍMICA

OPCIÓN A

1. (2,5 puntos)

Se construye una pila voltaica con los siguientes electrodos:

- Electrodo estándar $\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}$ en medio ácido clorhídrico. Las disoluciones del electrodo son de permanganato de potasio, KMnO_4 , y de cloruro de manganeso(II), MnCl_2 .
 - Electrodo estándar de Cl_2/Cl^- . La disolución del electrodo es de cloruro de potasio, KCl .
- i. Escriba la ecuación química ajustada, en forma molecular, de la reacción química que tiene lugar durante el funcionamiento de la pila. **(1,5 puntos)**
 - ii. Indique el electrodo que actuará como ánodo y el que actuará como cátodo. Calcule el potencial estándar de la pila. Justifique la respuesta. **(1,0 punto)**

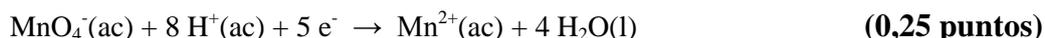
Datos: $E^\circ(\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}) = + 1,51 \text{ V}$. $E^\circ(\text{Cl}_2/\text{Cl}^-) = + 1,359 \text{ V}$.

Solución.

i.

- Semirreacciones.

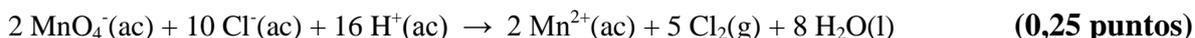
- Reacción de reducción en el electrodo que presente el valor del potencial estándar de reducción más elevado (más positivo): **(0,25 puntos)**



- Reacción de oxidación:



- Reacción global. Forma iónica.



Forma molecular.



Si escriben directamente la ecuación molecular bien ajustada (0,75 puntos)

ii.

- Electrodos.

- La reacción de oxidación tiene lugar en el ánodo de la pila. Ánodo: electrodo Cl_2/Cl^- . **(0,25 puntos)**

- La reacción de reducción tiene lugar en el cátodo. Cátodo: electrodo $\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}$ **(0,25 puntos)**

- Potencial estándar de la pila.

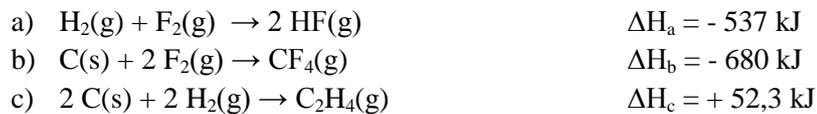
$$E^\circ(\text{pila}) = E^\circ(\text{cátodo}) - E^\circ(\text{ánodo}) \quad \text{(0,25 puntos)}$$

$$E^\circ(\text{pila}) = 1,51 - 1,359 \quad E^\circ(\text{pila}) = 0,151 \text{ V} \quad \text{(0,25 puntos)}$$



2. (2,5 puntos)

A partir de los valores de las entalpías de reacción:



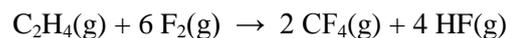
- i. Calcule la entalpía de la reacción de etileno, $\text{C}_2\text{H}_4(\text{g})$, con flúor, $\text{F}_2(\text{g})$, para formar tetrafluoruro de carbono, $\text{CF}_4(\text{g})$, y fluoruro de hidrógeno, $\text{HF}(\text{g})$. **(1,5 puntos)**
- ii. Calcule el calor desprendido en la reacción de 2 g de $\text{C}_2\text{H}_4(\text{g})$ con 12 g de $\text{F}_2(\text{g})$, a presión constante. **(1,0 punto)**

Datos. Masas atómicas: C = 12 u; H = 1 u; F = 19 u.

Solución.

i.

- Ecuación química ajustada.



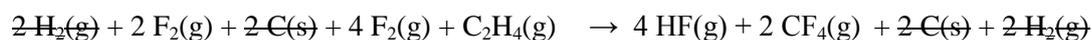
Deben poner los estados de agregación de los reactivos y de los productos

(0,25 puntos)

- Combinación de ecuaciones.

- Combinación **2a) + 2b) - c)** **(0,50 puntos)**

- Comprobación **(0,25 puntos)**



- Cálculo de ΔH_R .

$$\Delta H_R = 2 \Delta H_a + 2 \Delta H_b - \Delta H_c \quad \textbf{(0,25 puntos)}$$

$$\Delta H_R = 2 (-537) + 2 (-680) - (52,3) \quad \Delta H_R = \textbf{-2486,3 kJ} \quad \textbf{(0,25 puntos)}$$

ii.

- Cálculo del número de moles de cada reactivo.

$$n[\text{C}_2\text{H}_4(\text{g})] = \frac{2 \text{ g C}_2\text{H}_4(\text{g})}{28 \text{ g C}_2\text{H}_4(\text{g})/\text{mol}} = 0,071 \text{ moles de C}_2\text{H}_4(\text{g})$$

$$n[\text{F}_2(\text{g})] = \frac{12 \text{ g F}_2(\text{g})}{38 \text{ g F}_2(\text{g})/\text{mol}} = 0,316 \text{ moles de F}_2(\text{g})$$



- Determinación del reactivo limitante.

$$0,071 \text{ moles } C_2H_4(g) \times \frac{6 \text{ moles } F_2(g)}{1 \text{ mol } C_2H_4(g)} = 0,426 \text{ moles de } F_2(g) \text{ necesarios}$$

(0,25 puntos)

Reactivo limitante $F_2(g)$. Reacciona todo el $F_2(g)$ presente.

(0,25 puntos)

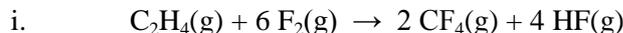
- Cálculo del calor desprendido.

$$0,316 \text{ moles } F_2(g) \times \frac{(-2486,3 \text{ kJ})}{6 \text{ moles } F_2(g)} = -130,95 \text{ kJ}$$

(0,25 puntos)

Se desprenden 130,95 kJ (0,25 puntos)

ALTERNATIVA.



Deben poner los estados de agregación de los reactivos y de los productos

(0,25 puntos)

$$\Delta H_R = \sum n_p \Delta H_f^0 (\text{productos}) - \sum n_r \Delta H_f^0 (\text{reactivos}) \quad \text{(0,25 puntos)}$$

$$\Delta H_R = 2 \Delta H_f^0 [CF_4(g)] + 4 \Delta H_f^0 [HF(g)] - \Delta H_f^0 [C_2H_4(g)] - 6 \Delta H_f^0 [F_2(g)] \quad \text{(0,25 puntos)}$$

$$\Delta H_f^0 [HF(g)] = \frac{1}{2} \Delta H_{R,a} \quad \text{(0,25 puntos)}$$

$$\Delta H_f^0 [F_2(g)] = 0 \quad \text{(0,25 puntos)}$$

$$\Delta H_R = 2(-680) + 4(-268,5) - (+52,3) \quad \Delta H_R = -2486,3 \text{ kJ} \quad \text{(0,25 puntos)}$$

- ii. Se resuelve de la misma forma que en la primera opción.

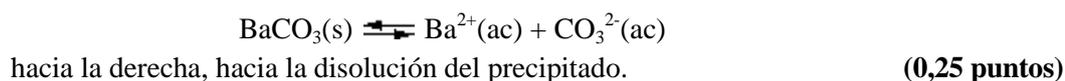


3. (1,0 punto)

En un tubo de ensayo se vierten 5 mL de una disolución acuosa de carbonato de sodio (Na_2CO_3) y a continuación se añade, gota a gota, una disolución acuosa de cloruro de bario, (BaCl_2), hasta la formación de un precipitado claramente visible. Escriba la fórmula química del compuesto que precipita. Indique el reactivo que utilizaría para disolver el precipitado formado. Justifique la respuesta.

Solución.

- El precipitado que se forma es carbonato de bario: BaCO_3 . **(0,25 puntos)**
- Para disolver el precipitado formado utilizaría una disolución acuosa de ácido clorhídrico, $\text{HCl}(\text{ac})$. **(0,25 puntos)**
- Al añadir el ácido, aumenta la concentración de $\text{H}_3\text{O}^+(\text{ac})$, que reacciona con el CO_3^{2-} disuelto para formar ácido carbónico, $\text{H}_2\text{CO}_3(\text{ac})$ [$\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$] **(0,25 puntos)**
- Esta reacción desplaza el equilibrio de solubilidad:



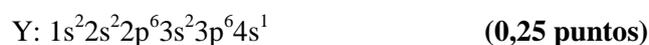
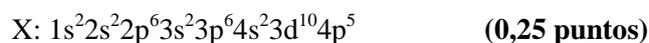


4. (2,0 puntos)

- A. Los elementos X e Y ocupan las posiciones de la tabla periódica que se indican a continuación: X período = 4, grupo = 17; Y período = 4, grupo = 1.
- Escriba las configuraciones electrónicas de los átomos de los dos elementos en estado fundamental. **(0,5 puntos)**
 - Indique el carácter, iónico o covalente, del enlace presente en el compuesto formado por los dos elementos. Justifique la respuesta. **(0,5 puntos)**

Solución.

- i. Configuraciones electrónicas.



- ii. Los dos elementos se encuentran en el mismo período y la diferencia de electronegatividad entre ellos es elevada: grupo 1 metal alcalino; grupo 17 halógeno. **(0,25 puntos)**, por lo que formarán un compuesto iónico. **(0,25 puntos)**.

- B. El H_2O y el H_2S son dos compuestos moleculares que presentan geometría molecular angular. Indique el compuesto que presenta el valor más elevado del punto normal de ebullición. Justifique la respuesta.

Datos de electronegatividades: $\chi(O) = 3,5$; $\chi(S) = 2,5$; $\chi(H) = 2,1$ **(1,0 punto)**

Solución.

De los datos de electronegatividad se deduce que los enlaces O-H en el agua son más polares que los enlaces H-S en el sulfuro de hidrógeno. **(0,25 puntos)**

Esta diferencia de electronegatividad genera enlaces de hidrógeno en el agua, que no se forman en el H_2S . **(0,25 puntos)**

En el punto de ebullición se rompen las fuerzas intermoleculares, que son más intensas en el agua. **(0,25 puntos)**

Por tanto, se necesita mayor temperatura para pasar el agua a fase vapor. El H_2O es el compuesto que presenta un valor más elevado del punto normal de ebullición. **(0,25 puntos)**

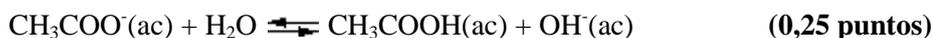


5. (2,0 puntos)

- A. Indique, de forma razonada, el carácter ácido, básico o neutro de la disolución acuosa resultante de la neutralización exacta de una disolución acuosa de hidróxido de potasio, KOH, con una disolución acuosa de ácido acético, CH₃COOH. $K_a(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,8 \times 10^{-5}$ (1,0 punto)

Solución.

- En el punto de equivalencia (neutralización exacta) se forma acetato de potasio, KCH₃COO. (0,25 puntos)
- En disolución acuosa el KCH₃COO genera K⁺(ac) y CH₃COO⁻(ac). El K⁺(ac) no reacciona con el agua. (0,25 puntos)
- El CH₃COO⁻(ac) reacciona con el agua:



- Esta reacción aumenta la [OH⁻] en la disolución, por lo que tendrá carácter básico. (0,25 puntos)

- B. Nombre el **grupo funcional** presente en cada uno de los siguientes compuestos orgánicos:

- i) CH₃CH₂CH₂COCH₂CH₃ ii) CH₃C≡CCH₂CH₂CH₃ iii) CH₃CH₂CH₂COOH
iv) CH₃CH₂NHCH₃ (1,0 punto)

Solución.

- i) Cetona (0,25 puntos) ii) Alquino (0,25 puntos)
iii) Ácido (0,25 puntos) iv) Amina (0,25 puntos)



QUÍMICA

OPCIÓN B

1. (2,5 puntos)

Se añaden 50 mL de disolución acuosa de hidróxido de sodio, NaOH, de pH = 12, a 30 mL de disolución acuosa de ácido clorhídrico, HCl(ac), de pH = 1,5. Calcule el pH de la disolución resultante. Suponga que los volúmenes son aditivos.

Solución.

- Reacción de neutralización.



- Cálculo del número de moles de los reactivos.

Moles de HCl(ac). $n(\text{HCl}) = n(\text{H}_3\text{O}^+)$ (0,25 puntos)

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] \quad [\text{H}_3\text{O}^+] = 3,2 \times 10^{-2} \text{ M}$$

$$[\text{HCl}] = 3,2 \times 10^{-2} \text{ M}$$

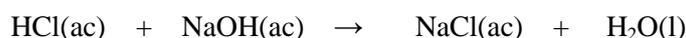
$$0,03 \text{ L disolución} \times \frac{3,2 \times 10^{-2} \text{ moles de HCl}}{1 \text{ L disolución}} = 9,6 \times 10^{-4} \text{ moles de HCl} \quad (0,25 \text{ puntos})$$

Moles de NaOH. $n(\text{NaOH}) = n(\text{OH}^-)$ (0,25 puntos)

$$\text{pOH} = 2 \quad \text{pOH} = -\log[\text{OH}^-] \quad [\text{OH}^-] = 10^{-2} \text{ M}$$

$$0,05 \text{ L disolución} \times \frac{10^{-2} \text{ moles de NaOH}}{1 \text{ L disolución}} = 5 \times 10^{-4} \text{ moles de NaOH} \quad (0,25 \text{ puntos})$$

- Cálculos en la reacción de neutralización.



Inicial (moles)	$9,6 \times 10^{-4}$	5×10^{-4}	—	—	(0,25 puntos)
-----------------	----------------------	--------------------	---	---	---------------

Reaccionan	-5×10^{-4}	5×10^{-4}	5×10^{-4}	5×10^{-4}	(0,25 puntos)
------------	---------------------	--------------------	--------------------	--------------------	---------------

Final (moles)	$4,6 \times 10^{-4}$	—	5×10^{-4}	5×10^{-4}	(0,25 puntos)
---------------	----------------------	---	--------------------	--------------------	---------------

Si restan directamente las dos cantidades correctamente e identifican el reactivo en exceso (HCl) (0,75 puntos).

$$[\text{HCl}]_f = \frac{4,6 \times 10^{-4} \text{ moles de HCl}}{0,08 \text{ L disolución}} = 5,75 \times 10^{-3} \text{ M} \quad (0,25 \text{ puntos})$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 5,75 \times 10^{-3} \text{ M} \quad \text{pH} = -\log(5,75 \times 10^{-3}) = 2,2 \quad (0,25 \text{ puntos})$$



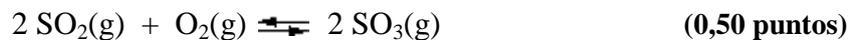
2. (2,5 puntos)

En el proceso de fabricación del ácido sulfúrico es importante el equilibrio que se establece en la reacción del $\text{SO}_2(\text{g})$ con el $\text{O}_2(\text{g})$ para formar $\text{SO}_3(\text{g})$. En un recipiente de 2 L, en el que previamente se ha realizado el vacío, se introducen 0,15 moles de $\text{SO}_2(\text{g})$ y 0,15 moles de $\text{O}_2(\text{g})$. La mezcla se calienta hasta 900 K. Cuando se alcanza el equilibrio, se han formado 0,092 moles de $\text{SO}_3(\text{g})$. Calcule el valor de K_p para el equilibrio a 900 K.

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

Solución.

- Ecuación química que representa el equilibrio.



- Cálculo de K_p .

	$2 \text{SO}_2(\text{g})$	+	$\text{O}_2(\text{g})$	\rightleftharpoons	$2 \text{SO}_3(\text{g})$	
Inicial (moles)	0,15		0,15		—	
Reaccionan	- 2x		- x		2x	(0,25 puntos)
Equilibrio	$0,15 - 2x$		$0,15 - x$		2x	(0,25 puntos)

$$2x = 0,092 \text{ moles} \quad x = 0,046 \text{ moles} \quad \text{(0,25 puntos)}$$

Concentraciones en el equilibrio:

$$[\text{SO}_2]_{\text{eq}} = \frac{(0,15 - 2x) \text{ moles}}{2 \text{ L}} = \frac{(0,15 - 0,092)}{2} = 0,029 \text{ M}$$

$$[\text{O}_2]_{\text{eq}} = \frac{(0,15 - x) \text{ moles}}{2 \text{ L}} = 0,052 \text{ M}$$

$$[\text{SO}_3]_{\text{eq}} = \frac{(0,092) \text{ moles}}{2 \text{ L}} = 0,046 \text{ M} \quad \text{(0,25 puntos)}$$

Cálculo de K_c .

$$K_c = \frac{[\text{SO}_3]_{\text{eq}}^2}{[\text{SO}_2]_{\text{eq}}^2 [\text{O}_2]_{\text{eq}}} \quad \text{(0,25 puntos)} \quad K_c = 48,1$$

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n} \quad \text{(0,25 puntos)} \quad \Delta n = -1 \quad \text{(0,25 puntos)}$$

$$K_p = 0,65 \quad \text{(0,25 puntos)}$$



ALTERNATIVA

- Cálculo del número total de moles gaseosos.

$$n_T = 0,058 + 0,104 + 0,092 \quad n_T = 0,254 \text{ moles gaseosos} \quad (0,25 \text{ puntos})$$

- Cálculo de la presión total de la mezcla gaseosa.

$$P_T = \frac{n_T RT}{V} = \frac{0,254 \times 0,082 \times 900}{2} \quad P_T = 9,4 \text{ atm} \quad (0,25 \text{ puntos})$$

- Cálculo de presiones parciales.

$$p_i = x_i P_T$$

$$p(\text{SO}_2) = 0,228 \times 9,4 = 2,14 \text{ atm}$$

$$p(\text{O}_2) = 0,409 \times 9,4 = 3,84 \text{ atm}$$

$$p(\text{SO}_3) = 0,363 \times 9,4 = 3,41 \text{ atm}$$

(0,25 puntos)

- Cálculo de K_p .

$$K_p = \frac{p_{\text{eq}}^2(\text{SO}_3)}{(p_{\text{eq}}(\text{SO}_2))^2 p_{\text{eq}}(\text{O}_2)} \quad (0,25 \text{ puntos})$$

$$K_p = 0,66 \quad (0,25 \text{ puntos})$$

OTRA POSIBILIDAD.

- Ecuación química que representa el equilibrio.



- Cálculo de K_p .

	$\text{SO}_2(\text{g})$	+	$\text{O}_2(\text{g})$	\rightleftharpoons	$\text{SO}_3(\text{g})$	
Inicial (moles)	0,15		0,15		—	
Reaccionan	- x		- 1/2 x		x	(0,25 puntos)
Equilibrio	0,15 - x		0,15 - 1/2 x		x	(0,25 puntos)

$$x = 0,092 \text{ moles} \quad (0,25 \text{ puntos})$$



Concentraciones en el equilibrio:

$$[\text{SO}_2]_{\text{eq}} = \frac{(0,15 - x) \text{ moles}}{2 \text{ L}} = \frac{(0,15 - 0,092)}{2} = 0,029 \text{ M}$$

$$[\text{O}_2]_{\text{eq}} = \frac{\left(0,15 - \frac{1}{2}x\right) \text{ moles}}{2 \text{ L}} = 0,052 \text{ M}$$

$$[\text{SO}_3]_{\text{eq}} = \frac{(0,092) \text{ moles}}{2 \text{ L}} = 0,046 \text{ M} \quad \text{(0,25 puntos)}$$

Cálculo de K_c .

$$K_c = \frac{[\text{SO}_3]_{\text{eq}}}{[\text{SO}_2]_{\text{eq}}[\text{O}_2]_{\text{eq}}^{\frac{1}{2}}} \quad \text{(0,25 puntos)} \quad K_c = \frac{(0,046)}{(0,029)(0,052)^{\frac{1}{2}}}$$

$$K_c = 6,96$$

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n} \quad \text{(0,25 puntos)} \quad \Delta n = -1/2 \quad \text{(0,25 puntos)}$$

$$K_p = 0,81 \quad \text{(0,25 puntos)}$$

ALTERNATIVA

- Cálculo del número total de moles gaseosos.

$$n_T = 0,058 + 0,104 + 0,092 \quad n_T = 0,254 \text{ moles gaseosos} \quad \text{(0,25 puntos)}$$

- Cálculo de la presión total de la mezcla gaseosa.

$$P_T = \frac{n_T RT}{V} = \frac{0,254 \times 0,082 \times 900}{2} \quad P_T = 9,4 \text{ atm} \quad \text{(0,25 puntos)}$$

- Cálculo de presiones parciales.

$$p_i = x_i P_T \quad \begin{aligned} p(\text{SO}_2) &= 0,228 \times 9,4 = 2,14 \text{ atm} \\ p(\text{O}_2) &= 0,409 \times 9,4 = 3,84 \text{ atm} \\ p(\text{SO}_3) &= 0,363 \times 9,4 = 3,41 \text{ atm} \end{aligned} \quad \text{(0,25 puntos)}$$

- Cálculo de K_p .

$$K_p = \frac{p_{\text{eq}}(\text{SO}_3)}{p_{\text{eq}}(\text{SO}_2) [p_{\text{eq}}(\text{O}_2)]^{1/2}} \quad \text{(0,25 puntos)}$$

$$K_p = 0,81 \quad \text{(0,25 puntos)}$$



3. (1 punto)

En dos tubos de ensayo se colocan unos cristales de $I_2(s)$. En el tubo 1 se añaden 5 mL de agua y en el tubo 2 se añaden 5 mL de un disolvente orgánico no polar. Indique y justifique las observaciones realizadas en cada uno de los tubos de ensayo.

Solución.

- Observaciones realizadas.

Tubo 1. $I_2(s) + H_2O$ No se observa cambio. El $I_2(s)$ no se disuelve de forma apreciable en agua. **(0,25 puntos)**

Tubo 2. $I_2(s) +$ disolvente orgánico no polar.
El $I_2(s)$ se disuelve con formación de una disolución coloreada. **(0,25 puntos)**

- Justificación.

El $I_2(s)$ es un compuesto no polar **(0,25 puntos)** que se disuelve en disolventes no polares (orgánicos), pero que no se disuelve de forma apreciable en disolventes polares (agua).

(0,25 puntos)



4. (2,0 puntos)

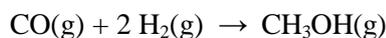
A. Para el subnivel electrónico caracterizado por los valores de los números cuánticos $n = 4$ y $l = 2$, indique: i) la notación del subnivel; ii) los valores posibles de m_l ; iii) el número de orbitales en el subnivel; iv) el número máximo de electrones en el subnivel. Justifique todas las respuestas.

(1,0 punto)

Solución.

- i) El valor $l = 2$ representa el subnivel **d**. Puesto que $n = 4$, la notación del subnivel es **4d**. **(0,25 puntos)**
- ii) Para $l = 2$, los valores de m_l permitidos son: -2, -1, 0, 1, 2. **(0,25 puntos)**
- iii) El número de orbitales es igual al número de valores permitidos de m_l , luego habrá 5 orbitales. **(0,25 puntos)**
- iv) Puesto que en cada orbital pueden alojarse, como máximo, 2 electrones, el número máximo de electrones en el subnivel es 10. **(0,25 puntos)**

B. Para la reacción de síntesis del metanol a 25 °C:



$\Delta G_R^\circ = -24,8 \text{ kJ}$ y $\Delta S_R^\circ = -219,3 \text{ J K}^{-1}$. Calcule el valor de ΔH_R° e indique si la reacción es endotérmica o exotérmica. Justifique la respuesta. **(1,0 punto)**

Solución.

$$\Delta G_R^\circ = \Delta H_R^\circ - T\Delta S_R^\circ \quad \text{(0,25 puntos)}$$

$$-24,8 \text{ kJ} = \Delta H_R^\circ - [298 \text{ K} (-0,2193 \text{ kJ K}^{-1})] \quad \text{(0,25 puntos)}$$

$$\Delta H_R^\circ = -24,8 \text{ kJ} - 65,35 \text{ kJ} \quad \Delta H_R^\circ = -90,15 \text{ kJ} \quad \text{(0,25 puntos)}$$

Puesto que ΔH_R° es negativa, la reacción es **exotérmica**. **(0,25 puntos)**



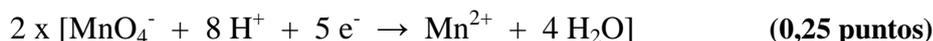
5. (2,0 puntos)

A. Complete y ajuste, por el método del ión-electrón, la siguiente ecuación química:



Solución.

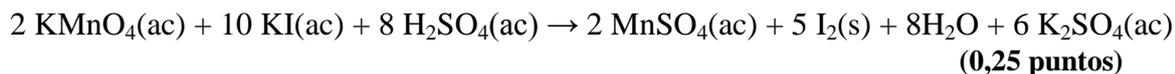
- Semirreacciones.



- Ecuación iónica ajustada.



- Ecuación molecular ajustada.



Si ponen directamente la ecuación molecular (0,50 puntos)

B. Escriba las fórmulas semidesarrolladas de los siguientes compuestos:

- i. 2-cloro-4-metil-octano ii. 2,6-dimetil-2-hepteno
iii. Dipropil éter iv. 3-pentanona

(1,0 punto)

Solución.

