



QUÍMICA

OPCIÓN A

1. (2,5 puntos)

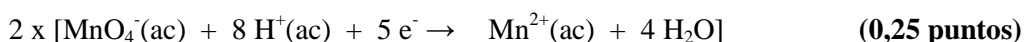
Se construye una pila voltaica con los siguientes electrodos:

- Electrodo estándar $\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}$ en medio ácido sulfúrico. Las disoluciones del electrodo son de permanganato de potasio, KMnO_4 , y de sulfato de manganeso(II), MnSO_4 .
 - Electrodo formado por una lámina de cinc metálico sumergida en una disolución 1M de sulfato de cinc, ZnSO_4 .
- i. Escriba las semirreacciones, indicando cual es de oxidación y cual de reducción, y 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 y calcule el potencial estándar de la pila. **(1,0 punto)**

Datos: $E^\circ(\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}) = + 1,51 \text{ V}$. $E^\circ(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = - 0,763 \text{ V}$.

Solución:

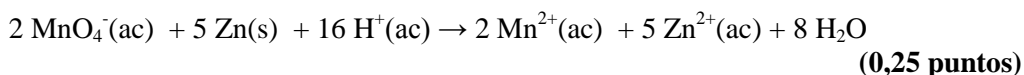
- i. Reacción de reducción: la que presente el potencial estándar de reducción más alto. **(0,25 puntos)**



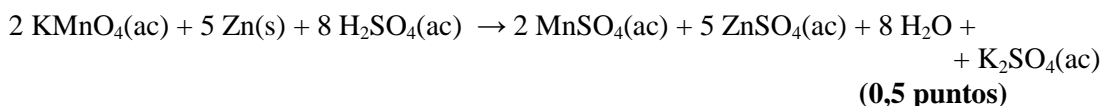
Reacción de oxidación:



Reacción global (iónica):



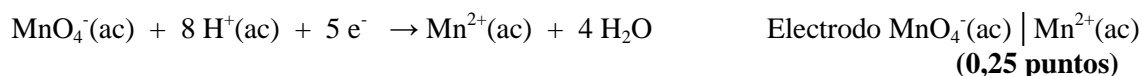
Reacción global (molecular):



- ii. En el ánodo tiene lugar la reacción de oxidación:



En el cátodo tiene lugar la reacción de reducción:



$$E^\circ = E^\circ(\text{cátodo}) - E^\circ(\text{ánodo}) = + 1,51 - (- 0,763) = + 2,273 \text{ V} \quad \text{(0,25 puntos)}$$



2. (2,5 puntos)

A partir de los datos de energías de enlace:

Molécula	Enlaces	$\Delta H_{\text{enlace}}(\text{kJ mol}^{-1})$
CH ₄	C-H	- 413
O ₂	O=O	- 496
H ₂ O	O-H	- 463
CO ₂	C=O	- 799

Calcule la variación de entalpía de la reacción de combustión del metano, CH₄(g).

Solución:



En el transcurso de la reacción se rompen y se forman enlaces:

$$\Delta H_{\text{reacción}} = \Delta H_{\text{combustión}}(\text{CH}_4) = \sum n \Delta H_{\text{enlace}} (\text{productos, forman}) + \sum m \Delta H_{\text{reactivos}} (\text{reactivos, rompen})$$

(0,25 puntos)

RUPTURA DE ENLACES.

En el transcurso de la reacción se rompen los siguientes enlaces: (signo positivo 0,25 puntos)

$$4 \text{ moles de enlaces C - H } [\text{CH}_4(\text{g})] \quad \Delta H_1 = 4 \text{ moles} \times (+ 413 \text{ kJ mol}^{-1}) = + 1652 \text{ kJ}$$

(0,25 puntos)

$$2 \text{ moles de enlaces O = O } [\text{O}_2(\text{g})] \quad \Delta H_2 = 2 \text{ moles} \times (+ 496 \text{ kJ mol}^{-1}) = + 992 \text{ kJ}$$

(0,25 puntos)

FORMACIÓN DE ENLACES

En el transcurso de la reacción se forman los siguientes enlaces: (signo negativo 0,25 puntos)

$$2 \text{ moles de enlaces C = O } [\text{CO}_2(\text{g})] \quad \Delta H_3 = 2 \text{ moles} \times (- 799 \text{ kJ mol}^{-1}) = - 1598 \text{ kJ}$$

(0,25 puntos)

$$2 \times 2 \text{ moles de enlaces O - H } (2 \text{ H}_2\text{O}) \quad \Delta H_4 = 4 \text{ moles} \times (- 463 \text{ kJ mol}^{-1}) = - 1852 \text{ kJ}$$

(0,25 puntos)

$$\Delta H_{\text{reacción}} = \Delta H_{\text{combustión}}(\text{CH}_4) = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta H_4 \quad (0,25 \text{ puntos})$$

$$\Delta H_{\text{combustión}}(\text{CH}_4) = - 806 \text{ kJ} \quad (0,25 \text{ puntos})$$



3. (1,0 punto)

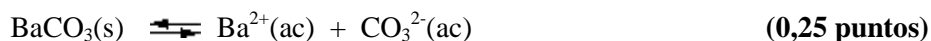
En un tubo de ensayo se vierten 5 mL de disolución acuosa de cloruro de bario (BaCl_2) y, a continuación, gotas de disolución acuosa de carbonato de sodio (Na_2CO_3) hasta la formación de un precipitado claramente visible. Escriba la fórmula química del compuesto que precipita. Una vez formado el precipitado, se añade gota a gota una disolución acuosa de ácido clorhídrico (HCl). Indique y explique el cambio que se observa en el tubo de ensayo.

Solución:

Se formará un precipitado de carbonato de bario: $\text{BaCO}_3(\text{s})$ **(0,25 puntos)**

Al añadir ácido clorhídrico se observará la disolución del precipitado de BaCO_3 **(0,25 puntos)**

En la disolución tenemos el equilibrio de solubilidad:



Adición de ácido (H_3O^+) que reacciona con el $\text{CO}_3^{2-}(\text{ac})$ para dar $\text{H}_2\text{CO}_3(\text{ac})$ que es $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$.

El $\text{CO}_2(\text{g})$ se desprende y el equilibrio de solubilidad se desplaza hacia la derecha, hacia la disolución del precipitado. **(0,25 puntos)**



4. (2,0 puntos)

- A. Escriba las configuraciones electrónicas de los átomos e iones: X, X²⁻, Y e Y⁺, que ocupan las posiciones de la tabla periódica que se indican a continuación: X : período = 3 , grupo = 16; Y: período = 4, grupo = 2. **(1,0 punto)**

Solución:

Configuraciones electrónicas:

X: Período = 3 Grupo = 16

Configuración electrónica: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$ **(0,25 puntos)**

X²⁻: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ **(0,25 puntos)**

Y: Período 4 Grupo 2

Configuración electrónica: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$ **(0,25 puntos)**

Y⁺: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$ **(0,25 puntos)**

- A. El NH₃ es 3000 veces más soluble en agua que el fosfano, PH₃. Explique la diferencia en las solubilidades de las dos sustancias en agua si ambas presentan una geometría molecular de pirámide trigonal.

Datos de electronegatividades: $\chi(N) = 3$; $\chi(P) = 2,1$; $\chi(H) = 2,1$ **(1,0 punto)**

Solución:

La molécula de NH₃ es polar **(0,25 puntos)**, porque:

- Los enlaces N – H son polares debido a que el N es más electronegativo que el H y en la geometría pirámide trigonal, las polaridades de los enlaces individuales no se anulan.
- Existe un par de electrones no compartido, lo que hace que la molécula sea polar.
- El amoníaco forma enlaces de hidrógeno.

Si dan una de las tres razones. **(0,25 puntos)**

En la molécula de PH₃ los enlaces P – H son no polares debido a que el fósforo y el hidrógeno presentan el mismo valor de electronegatividad. La molécula de PH₃ es no polar.

(0,25 puntos)

En un disolvente polar, como el agua, un compuesto polar es más soluble que uno no polar. Por tanto, el NH₃ será más soluble en agua que el PH₃.

(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 sodio, NaOH, con una disolución acuosa de ácido clorhídrico, HCl. **(1,0 punto)**

Solución:

En el punto de equivalencia (neutralización exacta) $[H_3O^+] = [OH^-]$ y se forma NaCl. **(0,25 puntos)**

En disolución acuosa $NaCl(ac) \rightarrow Na^+(ac) + Cl^-(ac)$

El $Na^+(ac)$ es un ácido muy débil que no reacciona con el agua. **(0,25 puntos)**

El $Cl^-(ac)$ es una base muy débil que no reacciona con el agua. **(0,25 puntos)**

La disolución tendrá carácter neutro. **(0,25 puntos)**

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

i) $C_6H_5CH_2CHO$ ii) $(CH_3)_2CHCH_2OCH_3$ iii) $CH_3CH_2NHCH_2CH_3$
iv) $CH_3CH_2COOCH_3$ **(1,0 punto)**

Solución:

i) Aldehído **(0,25 puntos)** ii) Éter **(0,25 puntos)** iii) Amina **(0,25 puntos)**
iv) Ester **(0,25 puntos)**



OPCIÓN B

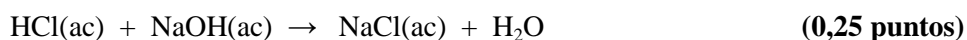
1. (2,5 puntos)

Se añaden 0,5 g de hidróxido de sodio sólido, NaOH, a 400 mL de una disolución acuosa de ácido clorhídrico, HCl(ac), cuyo pH = 2. Calcule el pH de la disolución resultante. Suponga que no se produce variación de volumen al añadir el sólido a la disolución.

Datos: Masas atómicas: Na = 23 u; O = 16 u; H = 1u.

Solución:

Se produce una reacción de neutralización:



Cálculo del número de moles de NaOH:

$$0,5 \text{ g NaOH} \times \frac{1 \text{ mol de NaOH}}{40 \text{ g de NaOH}} = 0,0125 \text{ moles NaOH} \quad (0,25 \text{ puntos})$$

Cálculo del número de moles de HCl(ac):

$$n(\text{HCl}) = n(\text{H}_3\text{O}^+) \quad (0,25 \text{ puntos})$$

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

$$n(\text{H}_3\text{O}^+) = 0,4 \text{ L disolución} \times \frac{10^{-2} \text{ moles de H}_3\text{O}^+}{1 \text{ L de disolución}} = 4 \times 10^{-3} \text{ moles de H}_3\text{O}^+ \quad (0,25 \text{ puntos})$$

Reacción:

	HCl(ac)	+	NaOH(ac)	→	NaCl(ac)	+	H ₂ O	
Inicial	4×10^{-3} moles		$1,25 \times 10^{-2}$ moles					
Reaccionan	-4×10^{-3} moles		-4×10^{-3} moles		4×10^{-3} moles			
Final	—		$8,5 \times 10^{-3}$ moles					(0,25 puntos)

$$[\text{NaOH}]_f = \frac{8,5 \times 10^{-3} \text{ moles de NaOH}}{0,4 \text{ L de disolución}} = 2,12 \times 10^{-2} \text{ M} \quad (0,25 \text{ puntos})$$

$$[\text{OH}^-]_f = [\text{NaOH}]_f = 2,12 \times 10^{-2} \text{ M} \quad (0,25 \text{ puntos})$$

$$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] \quad (0,25 \text{ puntos}) \quad \text{pOH} = 1,67 \quad \text{pH} = 14 - \text{pOH} = 12,33$$

(0,25 puntos)



2. (2,5 puntos)

En un recipiente, en el que previamente se ha realizado el vacío, se introducen 2,0 moles de pentacloruro de fósforo, PCl_5 , y se calienta hasta 450 K, alcanzándose el equilibrio:



En el equilibrio, la presión total de la mezcla gaseosa es 1 atm y el PCl_5 se encuentra disociado en un 36%. Calcule los valores de K_P y K_C para el equilibrio a 450 K.

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

Solución: Reacción de disociación:

	$\text{PCl}_5(\text{g})$	\rightleftharpoons	$\text{PCl}_3(\text{g})$	+	$\text{Cl}_2(\text{g})$	
Inicial(moles)	2,0 moles					
Reaccionan	- x		x		x	
Equilibrio	$2 - x$		x		x	(0,25 puntos)

El PCl_5 se encuentra disociado en un 36%. En consecuencia, $x = 0,36 \times 2 = 0,72$ moles
(0,25 puntos)

Cálculo del número total de moles:

$$n_T = 2 - x + x + x = 2 + x = 2,72 \text{ moles} \quad \text{(0,25 puntos)}$$

Cálculo de las presiones parciales:

$$P(\text{PCl}_5) = \frac{2-x}{2+x} P_T = \frac{1,28 \text{ moles}}{2,72 \text{ moles}} \times 1 \text{ atm} \quad \text{(0,25 puntos)} \quad p(\text{PCl}_5) = 0,47 \text{ atm}$$

$$P(\text{PCl}_3) = P(\text{Cl}_2) = \frac{x}{2+x} \quad p(\text{PCl}_3) = p(\text{Cl}_2) = 0,265 \text{ atm} \quad \text{(0,25 puntos)}$$

Cálculo de K_P :

$$K_P = \frac{p(\text{PCl}_3) p(\text{Cl}_2)}{p(\text{PCl}_5)} \quad \text{(0,25 puntos)} \quad K_P = 0,149 \quad \text{(0,25 puntos)}$$

Cálculo de K_C :

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

$$K_C = 4,04 \times 10^{-3} \quad \text{(0,25 puntos)}$$



3. (1 punto)

En un tubo de ensayo se colocan unos cristales de $\text{KMnO}_4(\text{s})$ y se añaden 5 mL de un disolvente orgánico no polar. Indique y justifique la observación realizada. A continuación se añaden en el mismo tubo 5 mL de agua, se agita la mezcla y se deja reposar hasta que se separen dos fases. Indique y justifique la coloración que presenta cada una de las fases.

Solución:

Al añadir un disolvente orgánico no polar (tolueno) sobre los cristales de $\text{KMnO}_4(\text{s})$ no se apreciarán cambios significativos **(0,25 puntos)**. El $\text{KMnO}_4(\text{s})$ es un compuesto iónico (polar) que no se disuelve de manera apreciable en un disolvente no polar como el tolueno **(0,25 puntos)**.

Al añadir agua, agitar y dejar reposar, se observarán dos fases: una orgánica (tolueno) no coloreada, y otra fase acuosa, fuertemente coloreada (violeta intenso) **(0,25 puntos)**. El KMnO_4 (polar) se disuelve en extensión apreciable en un disolvente polar como el agua **(0,25 puntos)**.



4. (2,0 puntos)

A. Para la subcapa electrónica que presenta los valores de los números cuánticos $n = 5$ y $l = 1$, indique:
i) la notación de la subcapa; ii) los valores posibles de m_l ; iii) el número de orbitales en la subcapa; iv) el número máximo de electrones en la subcapa. Justifique todas las respuestas.

(1,0 punto)

Solución:

- i. El valor $l = 1$ representa la subcapa **p**. Como $n = 5$, la notación de la subcapa es **5p. (0,25 puntos)**
- ii. Para $l = 1$, los valores permitidos de m_l son: **1, 0 y -1. (0,25 puntos)**
- iii. El número de orbitales de la subcapa es igual al número de valores permitidos de m_l . Por tanto, habrá **3 orbitales. (0,25 puntos)**
- iv. Puesto que cada orbital puede alojar dos electrones, el número máximo de electrones en la subcapa será **6. (0,25 puntos)**

B. Calcule la variación de energía libre estándar para la formación de $\text{NO}(\text{g})$ a partir de $\text{N}_2(\text{g})$ y $\text{O}_2(\text{g})$ a 25°C , si $\Delta H^\circ_{\text{R}} = 180,7 \text{ kJ}$ y $\Delta S^\circ_{\text{R}} = 24,7 \text{ J K}^{-1}$. Indique si la reacción es espontánea en esas condiciones. Justifique la respuesta.

(1,0 punto)

Solución:

$$\Delta G^\circ_{\text{R}} = \Delta H^\circ - T \Delta S^\circ \quad \text{(0,25 puntos)}$$

$$\Delta G^\circ_{\text{R}} = + 180,7 \text{ kJ mol}^{-1} - (298 \text{ K}) (24,7 \times 10^{-3} \text{ kJ K}^{-1}) \quad \text{(0,25 puntos)}$$

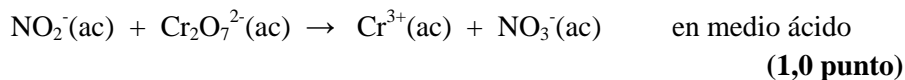
$$\Delta G^\circ_{\text{R}} = + 173,3 \text{ kJ} \quad \text{(0,25 puntos)}$$

Puesto que $\Delta G^\circ > 0$ en las condiciones indicadas, la reacción **no es espontánea. (0,25 puntos)**

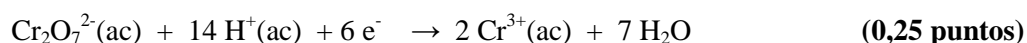


5. (2,0 puntos)

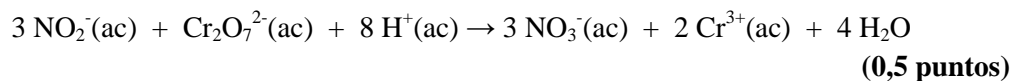
A. Complete y ajuste, por el método del ión-electrón, la siguiente ecuación química:



Solución:



Ecuación ajustada:



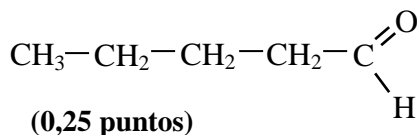
B. Escriba las fórmulas semidesarrolladas de los siguientes compuestos:

- i. Pentanal
- ii. Cis-2-buteno
- iii. Propanoato de etilo
- iv. Trietilamina

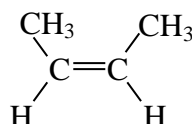
(1,0 punto)

Solución:

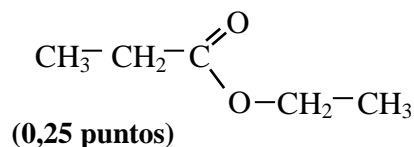
- i. Pentanal



- ii. Cis-2-buteno



- iii. Propanoato de etilo



- iv. Trietilamina

