



QUÍMICA

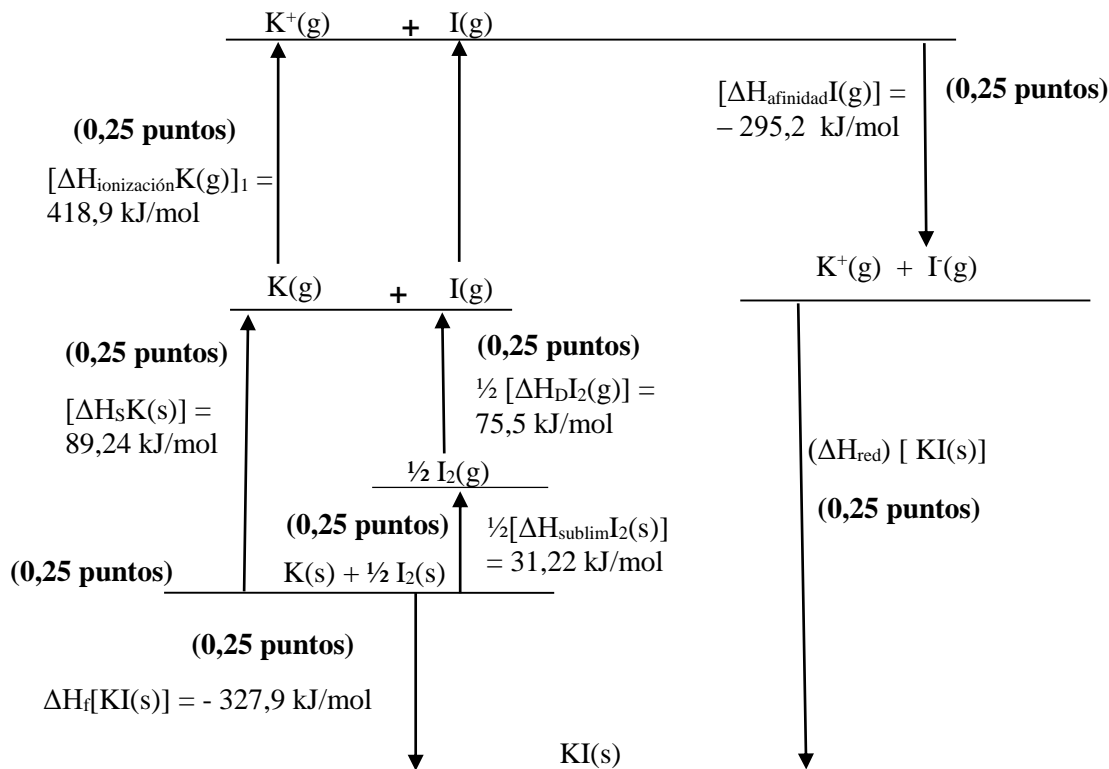
OPCIÓN A

1. (2,5 puntos)

Dibuje el ciclo de Born-Haber y calcule la energía de red (ΔH_{red}) del KI(s) a partir de los siguientes datos: Entalpía estándar de formación del KI(s) [$\Delta H_f(\text{KI})$] = - 327,9 kJ mol⁻¹. Entalpía de sublimación del K(s) [$\Delta H_s\text{K(s)}$] = 89,24 kJ mol⁻¹. Entalpía de sublimación del I₂(s) [$\Delta H_{\text{sublim}}\text{I}_2(\text{s})$] = 62,44 kJ mol⁻¹. Entalpía de disociación del I₂(g) [$\Delta H_D\text{I}_2(\text{g})$] = 151 kJ mol⁻¹. Primera energía de ionización del K(g) [$\Delta H_{\text{ionización}}\text{K(g)}$]₁ = 418,9 kJ mol⁻¹. Afinidad electrónica del I(g) [$\Delta H_{\text{afinidad}}\text{I(g)}$] = -295,2 kJ mol⁻¹.

Solución.

- Ciclo de Born-Haber para el KI(s):



$$\Delta H_f[\text{KI(s)}] = [\Delta H_s\text{K(s)}] + \frac{1}{2} [\Delta H_{\text{sublim}}\text{I}_2(\text{s})] + \frac{1}{2} [\Delta H_D\text{I}_2(\text{g})] + [\Delta H_{\text{ionización}}\text{K(g)}]_1 + [\Delta H_{\text{afinidad}}\text{I(g)}] + [(\Delta H_{\text{red}}) \text{ KI(s)}]$$

(0,25 puntos)

$$[(\Delta H_{\text{red}}) \text{ KI(s)}] = - 647,56 \text{ kJ mol}^{-1} \text{ de KI(s)}$$

(0,25 puntos)

Sólo si las unidades son correctas.



2. (2,5 puntos)

Experimentalmente se determinó que en 250 mL de una disolución acuosa saturada de carbonato de calcio, CaCO₃, a 25 °C, hay 1,3 mg de sal disueltos.

- Calcule el valor de la constante del producto de solubilidad del CaCO₃ en agua a 25°C. **(2,0 puntos)**
- Calcule la **concentración máxima de Ca²⁺** que puede estar disuelto en una disolución acuosa que presenta una [CO₃²⁻] = 1,5 x 10⁻⁴ M, a 25 °C. **(0,5 puntos)**

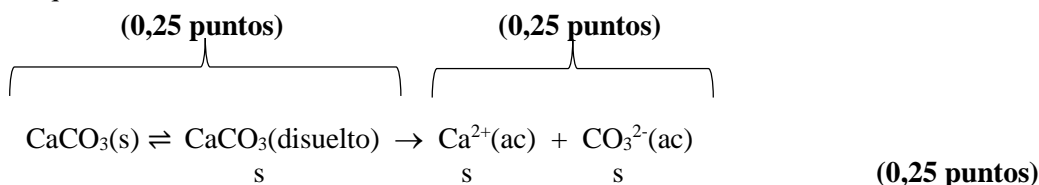
Datos. Masas atómicas: Ca= 40 u; C = 12 u; O = 16 u.

Solución.

i. Relación entre K_{PS} y la solubilidad de la sustancia.

ii.

- Equilibrio de disolución del CaCO₃.



$$K_{PS}(\text{CaCO}_3) = [\text{Ca}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}] \quad \textbf{(0,25 puntos)}$$

$$K_{PS}(\text{CaCO}_3) = (s)(s) = s^2 \quad \textbf{(0,25 puntos)}$$

Determinación del valor de s (solubilidad)

$$n(\text{CaCO}_3)_{\text{disueltos}} = 1,3 \text{ mg} \times \frac{1 \text{ g}}{10^3 \text{ mg}} \times \frac{1 \text{ mol de CaCO}_3}{100 \text{ g de CaCO}_3} = 1,3 \times 10^{-5} \text{ mol} \quad \textbf{(0,25 puntos)}$$

$$s(\text{CaCO}_3) = [\text{CaCO}_3]_{\text{saturada}} = \frac{n(\text{CaCO}_3)_{\text{disueltos}}}{V_{\text{disolución}}} = \frac{1,3 \times 10^{-5} \text{ mol}}{0,25 \text{ L}} = 5,2 \times 10^{-5} \text{ M} \quad \textbf{(0,25 puntos)}$$

$$K_{PS}(\text{CaCO}_3) = s^2 = (5,2 \times 10^{-5})^2 = 2,7 \times 10^{-9} \quad \textbf{(0,25 puntos)}$$

iii. Cálculo [Ca²⁺]_{máx} em la disolución indicada.

A la temperatura de 25 °C, debe cumplirse siempre la expresión de la constante del producto de solubilidad para una disolución saturada

$$K_{PS}(\text{CaCO}_3) = [\text{Ca}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}]$$

Puesto que en la disolución, [CO₃²⁻] = 1,5 x 10⁻⁴ M, la [Ca²⁺]_{máx} corresponde a la de la disolución saturada, que tiene el valor:

$$[\text{Ca}^{2+}]_{\text{máx}} = \frac{K_{PS}(\text{CaCO}_3)}{[\text{CO}_3^{2-}]} = \frac{2,7 \times 10^{-9}}{1,5 \times 10^{-4}} = 1,8 \times 10^{-5} \text{ M}$$

(0,25 puntos)

(0,25 puntos)



3. (1,0 punto)

Describe el procedimiento experimental a seguir en el laboratorio para determinar la concentración de peróxido de hidrógeno en un agua oxigenada, mediante la valoración denominada permanganimetría. Indique el material de laboratorio utilizado.

Solución:

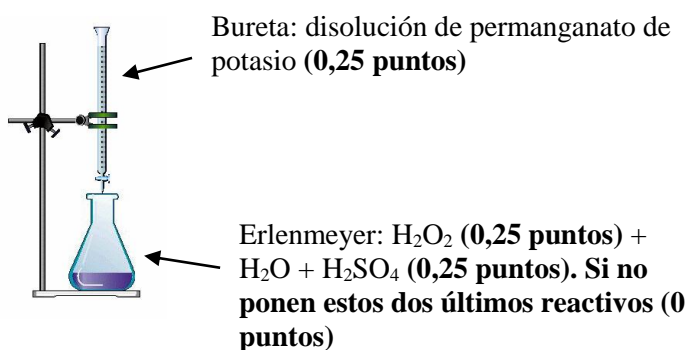
- Se toma un volumen de agua oxigenada, se coloca en una probeta y se diluye con agua destilada. Una alícuota de esta disolución se vierte en el erlenmeyer. **(0,25 puntos)**

Si sólo indican que el agua oxigenada se coloca en el erlenmeyer **(0,25 puntos)** .

- Al erlenmeyer se añade agua destilada y ácido sulfúrico. **(0,25 puntos)**
- Se llena la bureta con la disolución de permanganato de potasio. **(0,25 puntos)**
- Añadir lentamente la disolución de la bureta sobre la disolución colocada en el erlenmeyer hasta que se produzca un cambio de color. **(0,25 puntos)**

Si ponen que añaden indicador no se valora el último apartado (0).

OTRA POSIBILIDAD:



Se añade lentamente el permanganato hasta cambio de color **(0,25 puntos)**.

Si ponen que añaden indicador no se valora el último apartado **(0 puntos)**.



4. (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 nitroso, HNO₂. **Dato.** $K_a(\text{HNO}_2) = 7,2 \times 10^{-4}$ (1,0 punto)

Solución.

- En el punto de equivalencia (neutralización exacta) se forma nitrito de sodio, NaNO₂. (0,25 puntos)
- **ALTERNATIVA.** Si ponen la reacción:
 $\text{NaOH}(\text{ac}) + \text{HNO}_2(\text{ac}) \rightarrow \text{NaNO}_2(\text{ac}) + \text{H}_2\text{O}$ (0,25 puntos)
- En disolución acuosa, el NaNO₂ genera Na⁺(ac) y NO₂⁻(ac). El Na⁺(ac) no reacciona con el agua. (0,25 puntos)
- **ALTERNATIVA.** Si ponen la reacción: $\text{NaNO}_2(\text{ac}) \rightarrow \text{Na}^+(\text{ac}) + \text{NO}_2^-(\text{ac})$. El Na⁺ no reacciona con el agua. (0,25 puntos)
- El NO₂⁻(ac) reacciona con el agua aceptando protones del agua:
 $\text{NO}_2^-(\text{ac}) + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HNO}_2(\text{ac}) + \text{OH}^-(\text{ac})$ (0,25 puntos)
- Esta reacción aumenta la [OH⁻] en la disolución acuosa, por lo que tendrá carácter básico. (0,25 puntos)

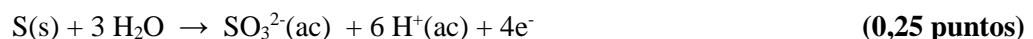
- B. Ajuste, por el método del ión-electrón en **medio básico**, la siguiente ecuación química:



Solución.

ALTERNATIVA 1. Ajuste en medio ácido:

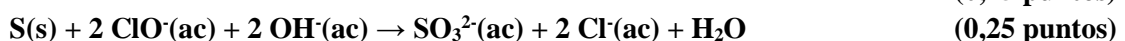
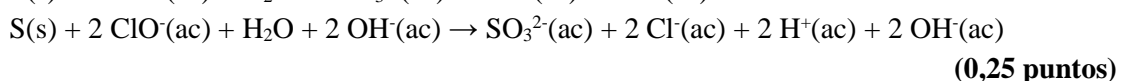
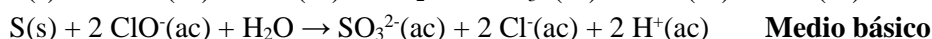
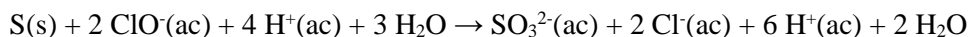
Semirreacción de oxidación.



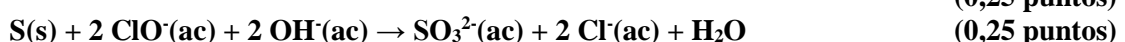
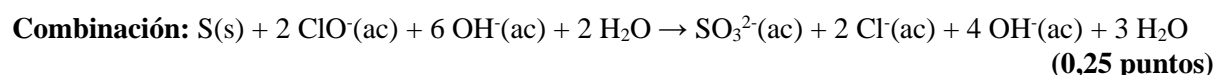
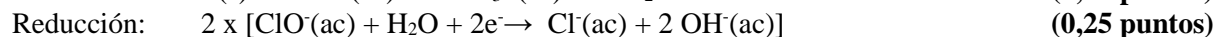
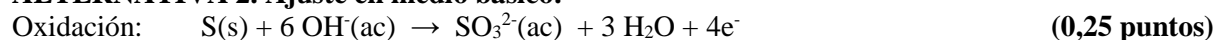
Semirreacción de reducción.



Combinación de las dos semirreacciones.



ALTERNATIVA 2. Ajuste en medio básico:

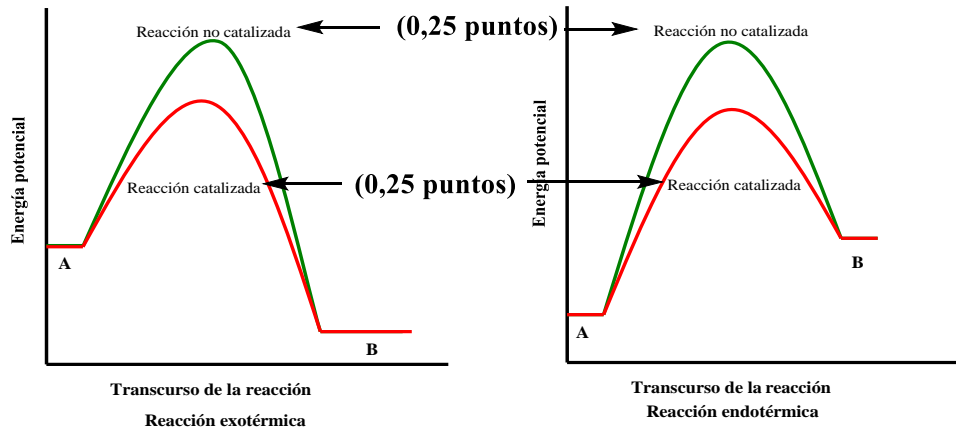




5. (2,0 puntos)

- A. Para la reacción química elemental $A \rightarrow B$, dibuje: i) un perfil energético; ii) un perfil energético en presencia de un catalizador positivo. (0,5 puntos)

Solución. Válida la propuesta de cualquiera de los dos perfiles siguientes:

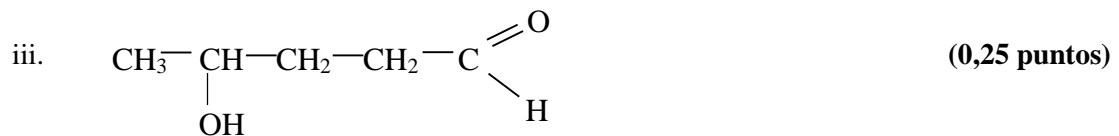
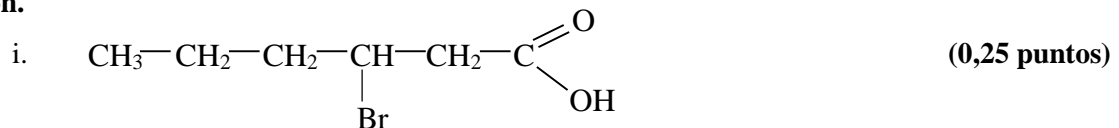


- B. Escriba las fórmulas semidesarrolladas de los siguientes compuestos:

- i. Ácido 3-bromohexanoico ii. 2-butino (but-2-ino)
iii. 4-hidroxipentanal iv. Butanodiona
v. Fenilmetilamina vi. Acetato de propilo

(1,5 puntos)

Solución.





OPCIÓN B

1. (2,5 puntos)

Se mezclan 7,5 mL de una disolución acuosa de ácido nítrico, HNO_3 , de $\text{pH} = 1,5$, con 2,5 mL de una disolución acuosa de ácido clorhídrico, HCl , del 0,8% en masa y densidad igual a $1,05 \text{ g mL}^{-1}$. La mezcla se diluye con agua hasta un volumen final de la disolución de 2 L. Calcule el pH de la disolución resultante.

Datos. Masas atómicas: $\text{Cl} = 35,45 \text{ u}$; $\text{H} = 1,01 \text{ u}$.

Solución.

i. $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{T}}$ (0,25 puntos)

- Cálculo de $[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{T}}$.

$$[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{T}} = \frac{n(\text{H}_3\text{O}^+)_{\text{T}}}{V_{\text{T}}}$$

$$n(\text{H}_3\text{O}^+)_{\text{T}} = n(\text{H}_3\text{O}^+)_{\text{HNO}_3} + n(\text{H}_3\text{O}^+)_{\text{HCl}}$$

$$n(\text{H}_3\text{O}^+)_{\text{HNO}_3} = [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{HNO}_3} \times V_{\text{HNO}_3}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{HNO}_3} = 10^{-1,5} = 3,16 \times 10^{-2} \text{ M} \quad (0,25 \text{ puntos})$$

$$n(\text{H}_3\text{O}^+)_{\text{HNO}_3} = (3,16 \times 10^{-2} \text{ M}) \times (7,5 \times 10^{-3} \text{ L}) = 2,37 \times 10^{-4} \text{ mol} \quad (0,25 \text{ puntos})$$

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

$$[\text{HCl}] = \frac{0,8 \text{ g HCl}}{100 \text{ g disolución}} \times \frac{1,05 \text{ g disolución}}{1 \text{ mL disolución}} \times \frac{1 \text{ mol de HCl}}{36,46 \text{ g de HCl}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} = 0,23 \text{ M} \quad (0,25 \text{ puntos})$$

$$n(\text{H}_3\text{O}^+)_{\text{HCl}} = 2,5 \times 10^{-3} \text{ L} \times 0,23 \frac{\text{mol}}{\text{L}} = 5,76 \times 10^{-4} \text{ mol} \quad (0,25 \text{ puntos})$$

$$n(\text{H}_3\text{O}^+)_{\text{T}} = (2,37 \times 10^{-4} \text{ mol}) + (5,76 \times 10^{-4} \text{ mol}) = 8,13 \times 10^{-4} \text{ mol} \quad (0,5 \text{ puntos})$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{T}} = \frac{8,13 \times 10^{-4} \text{ mol}}{2 \text{ L}} = 4,065 \times 10^{-4} \text{ M} \quad (0,25 \text{ puntos})$$

- Cálculo del pH .

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{T}} \quad \text{pH} = 3,4 \quad \text{Cálculo del valor numérico (0,25 puntos)}$$



2. (2,5 puntos)

Cuando se añade una disolución acuosa de peróxido de hidrógeno, H_2O_2 , a una disolución acuosa ácida que contiene bromo disuelto, $\text{Br}_2(\text{ac})$, se produce una reacción química espontánea. A partir de los valores de los potenciales estándar de reducción, $E^\circ(\text{H}_2\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}) = +1,763 \text{ V}$; $E^\circ(\text{BrO}_3^-/\text{Br}_2) = +1,478 \text{ V}$:

- Indique, de forma razonada, la especie química en disolución que experimenta la reacción de oxidación y la que experimenta la reacción de reducción (**0,75 puntos**). Escriba y ajuste por el método del ion-electrón la ecuación que representa la reacción química que se produce de forma espontánea (**1,0 punto**). Indique la especie química que actúa como reductor. (**0,25 puntos**)
- Calcule el potencial estándar de la reacción global. (**0,5 puntos**)

Nota. Todas las especies en disolución están en condiciones estándar.

Solución.

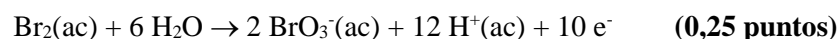
- Determinación de la especie que experimenta la reacción de oxidación y la que experimenta la reacción de reducción.

Teniendo en cuenta los valores de los potenciales estándar de reducción suministrados de las especies en disolución acuosa (H_2O_2 , Br_2) la que presenta el carácter más oxidante es el H_2O_2 (**0,25 puntos**). Por tanto, esta es la especie que experimenta la reacción de reducción (**0,25 puntos**). El Br_2 experimenta la reacción de oxidación (**0,25 puntos**)

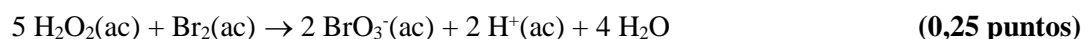
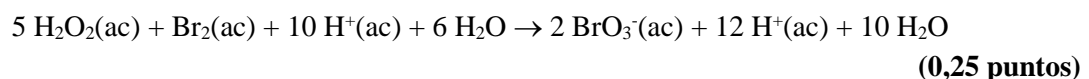
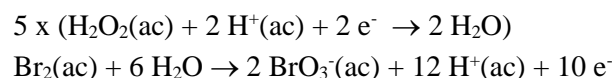
Reacción de reducción:



Reacción de oxidación:



Ajuste de la ecuación global.



La especie química que actúa como reductor es el $\text{Br}_2(\text{ac})$ (**0,25 puntos**)

- Cálculo del potencial estándar de la reacción global.

$$E^\circ_{\text{global}} = E^\circ_{\text{reducción}} - E^\circ_{\text{oxidación}} \quad (\mathbf{0,25 \text{ puntos}})$$

$$E^\circ_{\text{global}} = +1,763 \text{ V} - 1,478 \text{ V} = 0,285 \text{ V} \quad (\mathbf{0,25 \text{ puntos}})$$



3. (1 punto)

Para la valoración de una base fuerte, NaOH(ac), con un ácido fuerte, HCl(ac), proponga, de forma razonada, el indicador que utilizaría para identificar el punto de equivalencia y el cambio de color que observaría. Indique el material de laboratorio en el que colocaría el indicador utilizado.

Indicador	Color (medio ácido)	Intervalo de pH de cambio de color	Color (medio básico)
Rojo de metilo	Rojo	4,8 – 6,0	Amarillo
Tornasol	Rojo	5,0 – 8,0	Azul
Fenolftaleína	Incoloro	8,2 – 10,0	Rosa

Solución.

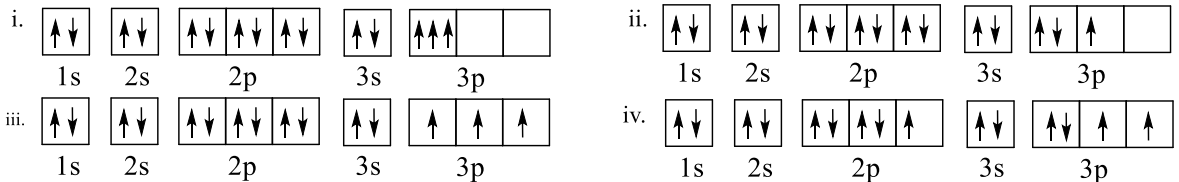
En el punto de equivalencia se produce la neutralización exacta y se forma NaCl. Los iones en disolución procedentes de esta sal no reaccionan con el agua, por lo que no modifican el pH del agua destilada. En consecuencia, el pH en el punto de equivalencia es 7,0 (**0,25 puntos**). El indicador propuesto es aquel que cambie netamente de color a pH = 7, es decir, el tornasol (**0,25 puntos**). Este indicador cambiará de azul (medio básico) a rojo (medio ácido). (**0,25 puntos**)

El indicador se colocaría en el erlenmeyer en el que se encuentra la disolución acuosa de NaOH (**0,25 puntos**).



4. (2,0 puntos)

A. Los siguientes diagramas de orbitales corresponden a especies químicas neutras. Indique los diagramas que son correctos, los que son incorrectos y los que corresponden a estados fundamentales o excitados del átomo neutro. Justifique todas las respuestas.



(1,0 punto)

Solución.

- i) No cumple el principio de exclusión (de Pauli), ya que hay tres electrones con los cuatro números cuánticos iguales. **Incorrecta.** (0,25 puntos)
- ii) El diagrama es **correcto**. Sin embargo, no cumple el principio de máxima multiplicidad (de Hund), ya que presenta dos electrones con espines antiparalelos en un orbital 3p, existiendo la posibilidad de que los tres electrones presenten espines paralelos y los tres orbitales semicupados. Es un **estado excitado**. (0,25 puntos)
- iii) El diagrama es **correcto**. Cumple los principios de exclusión (de Pauli) y el de máxima multiplicidad (de Hund). Es un **estado fundamental**. (0,25 puntos)
- iv) El diagrama es **correcto**. Cumple el principio de exclusión (de Pauli) y el principio de máxima multiplicidad (de Hund). Sin embargo, no cumple el principio de mínima energía (de construcción). Es un **estado excitado**. (0,25 puntos)



- B. Escriba las configuraciones electrónicas, en estado fundamental, de los elementos X ($Z = 17$) e Y ($Z = 35$). Indique el grupo y periodo de la tabla periódica a los que pertenece cada uno de los elementos. A partir de su posición en la tabla periódica, indique, de forma razonada, el elemento que previsiblemente presentará el valor más elevado de la primera energía de ionización.

(1,0 punto)

Solución.

Configuraciones electrónicas.

X ($Z = 17$): $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ Grupo 17 Período 3 (0,25 puntos)

Y ($Z = 35$): $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^5$ Grupo 17 Período 4 (0,25 puntos)

Alternativas

Escribe correctamente las configuraciones electrónicas de los dos elementos. (0,25 puntos)

Asigna correctamente el grupo y período a cada elemento (0,25 puntos)

Valores relativos de la primera energía de ionización.

Para un mismo grupo de la tabla periódica, la primera energía de ionización presenta valores más elevados en el sentido en que disminuye el valor del número cuántico principal (n), es decir, el número del período en que se encuentra el elemento (al ascender en un grupo), **ya que los electrones se encuentran más próximos al núcleo y son atraídos por él con mayor intensidad.**

(0,25 puntos)

Los dos elementos pertenecen al mismo grupo, por tanto, el valor más elevado de la primera energía de ionización lo presentará el elemento con el valor más bajo del período, es decir, **el elemento X.**

(0,25 puntos)



5. (2,0 puntos)

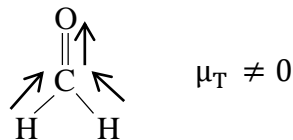
- A. Deduzca, a partir de su estructura molecular, el carácter polar, o no polar, de la molécula CH_2O , que presenta una geometría molecular triangular.

Datos: Valores de las electronegatividades (escala de Pauling): H = 2,1; C = 2,5; O = 3,5.

(0,5 puntos)

Solución.

Geometría de la molécula.



De acuerdo con los valores de las electronegatividades de los átomos enlazados, los enlaces C – H son polares, con el vector momento dipolar orientado hacia el carbono. El enlace C – O es polar con el vector momento dipolar orientado hacia el oxígeno. **ALTERNATIVA: Es suficiente con dibujar las flechas. (0,25 puntos).**

Puesto que la suma vectorial de los momentos dipolares no es nula, **la molécula es polar.**

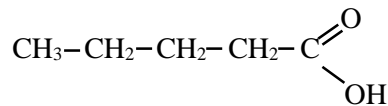
(0,25 puntos).

- B. Escriba las fórmulas semidesarrolladas y **nombre tres de los isómeros posibles** del ácido carboxílico con fórmula molecular $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$.

(1,5 puntos)

Solución.

Isómero 1.

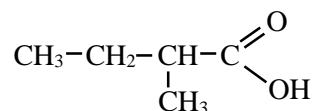


(0,25 puntos)

Ácido pentanoico

(0,25 puntos)

Isómero 2.

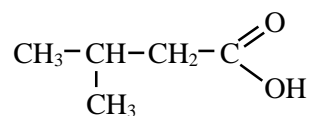


(0,25 puntos)

Ácido 2-metilbutanoico

(0,25 puntos)

Isómero 3.



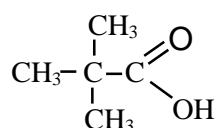
(0,25 puntos)

Ácido 3-metilbutanoico

(0,25 puntos)

ALTERNATIVA.

Isómero 4.



(0,25 puntos)

Ácido 2,2-dimetilpropanoico

(0,25 puntos)