

Resolución razonada de las opciones A y B.

Opción A · Estructura, termoquímica y ácido-base

Cuestión 1 · Lewis, geometría y polaridad

- CS₂: estructura S = C = S, con dos pares libres en cada S. El C central tiene dos regiones de enlace; la molécula es lineal y apolar porque los dipolos opuestos se cancelan.
- CH₃Cl: C forma cuatro enlaces sencillos (tres C-H y uno C-Cl); Cl conserva tres pares libres. La geometría es tetraédrica y la distribución no es simétrica, por lo que tiene momento dipolar.
- H₂Se: estructura H – Se – H; Se tiene dos pares enlazantes y dos libres. La forma es angular y la molécula es polar.
- NCl₃: N forma tres enlaces sencillos con Cl y tiene un par libre; cada Cl conserva tres pares libres. La forma es piramidal trigonal y es polar.

Problema 1 · Reacción de hidracina con peróxido

La masa molar de N₂H₄ es 32 g/mol, así que 320 g corresponden a 10 mol. Aplicamos la ley de Hess a la reacción ajustada:

$$\Delta H_r^\circ = \sum \nu \Delta H_f^\circ(\text{productos}) - \sum \nu \Delta H_f^\circ(\text{reactivos}).$$

Si $x = \Delta H_f^\circ(\text{N}_2\text{H}_4(\text{l}))$:

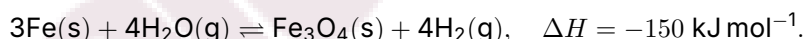
$$-642,2 = 4(-241,8) - (x + 2(-187,8)) \implies x = 50,6 \text{ kJ mol}^{-1}.$$

Cada mol de hidracina produce 1 mol de N₂ y 4 mol de vapor de agua, es decir, 5 mol de gases. Por tanto, $n_{\text{gas}} = 50 \text{ mol}$. Con $T = 600 + 273 = 873 \text{ K}$ y $P = 650/760 \text{ atm}$:

$$V = \frac{nRT}{P} = \frac{(50)(0,082)(873)}{650/760} = 4,19 \cdot 10^3 \text{ L}.$$

$\Delta H_f^\circ(\text{N}_2\text{H}_4(\text{l})) = 50,6 \text{ kJ mol}^{-1}; \quad V_{\text{gases}} \approx 4,19 \cdot 10^3 \text{ L}$

Cuestión 2 · Equilibrio de reducción del óxido de hierro



- **a)** Al subir la temperatura se favorece el sentido endotérmico inverso; disminuye la cantidad de H₂.
- **b)** Añadir vapor de agua aumenta un reactivo y desplaza el equilibrio a la derecha; aumenta H₂.
- **c)** Retirar Fe₃O₄ sólido no desplaza el equilibrio mientras quede fase sólida, ya que su actividad constante no aparece en K .
- **d)** A ambos lados hay 4 moles de gases. Cambiar el volumen no favorece ningún sentido; la cantidad de H₂ en el nuevo equilibrio no cambia por este efecto.
- **e)** Un catalizador acelera las reacciones directa e inversa por igual y no modifica la composición de equilibrio.

Problema 2 · Disolución de ácido benzoico

La masa molar del ácido benzoico, $C_7H_6O_2$, es 122 g/mol. En 250 mL hay una concentración analítica

$$C_0 = \frac{3,05/122}{0,250} = 0,100 \text{ M.}$$

Para el equilibrio $HA + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + A^-$, si se disocian x mol/L:

$$K_a = \frac{x^2}{C_0 - x} = 6,4 \cdot 10^{-5} \implies x = 2,498 \cdot 10^{-3} \text{ M,}$$

$$pH = -\log x = 2,60.$$

Al diluir 10 mL hasta 100 mL, la concentración analítica pasa a $C'_0 = 0,100(10/100) = 0,0100 \text{ M}$. El equilibrio vuelve a establecerse con esta concentración:

$$6,4 \cdot 10^{-5} = \frac{x'^2}{0,0100 - x'} \implies x' = 7,686 \cdot 10^{-4} \text{ M,} \quad pH = 3,11.$$

La dilución reduce $[H_3O^+]$ y eleva el pH.

$pH_{0,100 \text{ M}} = 2,60;$	$pH_{\text{diluida}} = 3,11$
--------------------------------	------------------------------

Cuestión 3 · Formulación y nomenclatura

- a) 1-etil-3-metilbenceno: $C_6H_4(CH_2CH_3)(CH_3)$.
- b) 2-metilpropan-2-ol: $(CH_3)_3COH$.
- c) 2-metilpropanoato de etilo: $(CH_3)_2CHCOOCH_2CH_3$.
- d) Hidrogenofosfato de calcio: $CaHPO_4$.
- e) Sulfito de sodio: Na_2SO_3 .
- f) $CuCN$: cianuro de cobre(I).
- g) $Hg(NO_3)_2$: nitrato de mercurio(II).
- h) $ClCH = CHCH_3$: 1-cloroprop-1-eno.
- i) $CH_3CH_2OCH_2CH_3$: etoxietano (éter dietílico).
- j) $CH_3CH(CH_3)COCH_2CH(CH_3)CH_3$: 2,5-dimetilhexan-3-ona.

Opción B · Iones, redox y electroquímica

Cuestión 1 · Energías de ionización y radios iónicos

A tiene $Z = 10$ (Ne), B tiene $Z = 11$ (Na) y C tiene $Z = 12$ (Mg). La energía de ionización aumenta mucho al llegar a un gas noble: por eso los valores se asignan como

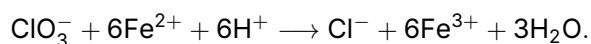
$$E_i(\text{Na}) = 496,0, \quad E_i(\text{Mg}) = 738,0, \quad E_i(\text{Ne}) = 2070 \text{ kJ mol}^{-1}.$$

Na pierde un electrón y forma Na^+ ; Mg pierde dos y forma Mg^{2+} . Ambos iones tienen 10 electrones, pero Mg^{2+} tiene un protón más y atrae con más fuerza a la misma nube electrónica. Por ello su radio es menor:

$$r(\text{Mg}^{2+}) < r(\text{Na}^+).$$

Problema 1 · Oxidación de hierro(II) con clorato

Cl en ClO_3^- pasa de +5 a -1 y gana 6 electrones; cada Fe^{2+} pierde un electrón al oxidarse a Fe^{3+} . En medio ácido, la ecuación iónica ajustada es



De los 100 g de FeCl_2 , el 90% (90 g) es puro. Con $M(\text{FeCl}_2) = 55,8 + 2(35,5) = 126,8 \text{ g/mol}$:

$$n(\text{FeCl}_2) = \frac{90}{126,8} = 0,7098 \text{ mol}.$$

La proporción clorato: Fe^{2+} es 1:6:

$$n(\text{KClO}_3) = \frac{0,7098}{6} = 0,1183 \text{ mol}, \quad V = \frac{n}{C} = \frac{0,1183}{0,6} = 0,197 \text{ L}.$$

$V(\text{KClO}_3) \approx 197 \text{ mL}$

Cuestión 2 · Pila de níquel y plata

La plata tiene el potencial de reducción más positivo, así que Ag^+ se reduce en el cátodo y Ni se oxida en el ánodo:



La reacción global es $\text{Ni} + 2\text{Ag}^+ \rightarrow \text{Ni}^{2+} + 2\text{Ag}$. El potencial estándar de la pila es

$$E_{\text{pila}}^\circ = E_{\text{cátodo}}^\circ - E_{\text{ánodo}}^\circ = 0,80 - (-0,23) = 1,03 \text{ V}.$$

$\text{Ánodo: Ni; cátodo: Ag; } E_{\text{pila}}^\circ = 1,03 \text{ V}$

Problema 2 · Descomposición del sulfato de calcio

En el equilibrio $2\text{CaSO}_4(\text{s}) \rightleftharpoons 2\text{CaO}(\text{s}) + 2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$, se forman SO_2 y O_2 en proporción 2:1. Con $P_{\text{total}} = 0,60 \text{ atm}$:

$$p_{\text{SO}_2} = \frac{2}{3}(0,60) = 0,40 \text{ atm}, \quad p_{\text{O}_2} = \frac{1}{3}(0,60) = 0,20 \text{ atm}.$$

Los sólidos puros no se incluyen en la constante:

$$K_p = p_{\text{SO}_2}^2 p_{\text{O}_2} = (0,40)^2 (0,20) = 0,032 \text{ atm}^3.$$

Como $\Delta n_{\text{gas}} = 3$, $K_p = K_c(RT)^3$:

$$K_c = \frac{0,032}{(0,082 \cdot 700)^3} = 1,69 \cdot 10^{-7} \text{ mol}^3 \text{ L}^{-3}.$$

Los moles de SO_2 son $pV/(RT) = 0,01394 \text{ mol}$. La reacción produce 1 mol de SO_2 por cada mol de CaSO_4 descompuesto, así que

$$m(\text{CaSO}_4) = (0,01394)(40 + 32 + 4(16)) = 1,90 \text{ g}.$$

$K_p = 0,032 \text{ atm}^3; \quad K_c = 1,69 \cdot 10^{-7} \text{ M}^3; \quad m(\text{CaSO}_4) = 1,90 \text{ g}$
--

Cuestión 3 · Reacciones orgánicas

- a) Adición de HCl al propeno: $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{HCl} \longrightarrow \text{CH}_3\text{CHClCH}_3$. Propeno + cloruro de hidrógeno $\rightarrow$ 2-cloropropano.
- b) Sustitución en medio acuoso: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Br} + \text{KOH} \longrightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + \text{KBr}$. Bromoetano + hidróxido de potasio $\rightarrow$ etanol + bromuro de potasio.
- c) Neutralización del fenol, un ácido débil: $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{ONa} + \text{H}_2\text{O}$. Fenol + hidróxido de sodio $\rightarrow$ fenolato de sodio + agua.
- d) Neutralización:



Ácido etanoico + hidróxido de sodio $\rightarrow$ etanoato de sodio + agua.

- e) Polimerización por adición del eteno: $n \text{CH}_2=\text{CH}_2 \longrightarrow [-\text{CH}_2-\text{CH}_2-]_n$. Eteno $\rightarrow$ polieteno (polietileno).