

Resolución razonada de las opciones A y B.

### Opción A · Estructura, termoquímica y equilibrio

#### Cuestión 1 · Configuración y energía de ionización

- A ( $Z = 2$ ), helio:  $1s^2$ , grupo 18, período 1; gas noble.
- B ( $Z = 11$ ), sodio:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ , grupo 1, período 3; metal.
- C ( $Z = 17$ ), cloro:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ , grupo 17, período 3; no metal.
- D ( $Z = 34$ ), selenio:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^4$ , grupo 16, período 4; no metal.

La primera energía de ionización aumenta hacia la derecha y hacia arriba. Na es el que pierde un electrón con más facilidad. Dentro de los no metales, Se está más abajo y tiene menor energía que Cl; He, con capa completa y radio muy pequeño, presenta la mayor:

$$E_i(\text{Na}) < E_i(\text{Se}) < E_i(\text{Cl}) < E_i(\text{He}).$$

#### Problema 2 · Entalpía de formación de la glucosa

La fotosíntesis ajustada tiene  $\Delta H_r^\circ = 3402,8 \text{ kJ}$  por mol de glucosa. Aplicamos  $\Delta H_r^\circ = \sum \nu \Delta H_f^\circ(\text{productos}) - \sum \nu \Delta H_f^\circ(\text{reactivos})$ :

$$3402,8 = \Delta H_f^\circ(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) - [6(-393,5) + 6(-285,8)].$$

Por tanto,

$$\Delta H_f^\circ(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 3402,8 - 4075,8 = -673,0 \text{ kJ mol}^{-1}.$$

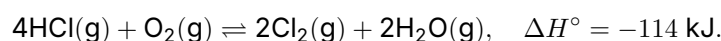
La masa molar de la glucosa es  $180 \text{ g mol}^{-1}$ . Para  $500 \text{ g}$  se requieren  $500/180 = 2,7778 \text{ mol}$ , de modo que la energía absorbida es

$$Q = (2,7778)(3402,8) = 9452,2 \text{ kJ}.$$

|                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\Delta H_f^\circ(\text{glucosa}) = -673,0 \text{ kJ mol}^{-1}; \quad Q_{500 \text{ g}} = 9452,2 \text{ kJ}$ |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## Opción A · Equilibrio, ácido-base y formulación

### Cuestión 3 · Equilibrio del proceso Deacon



- a) Añadir  $\text{O}_2$  aumenta un reactivo y desplaza el equilibrio a la derecha; aumenta  $\text{Cl}_2$ .
- b) Extraer  $\text{HCl}$  reduce la cantidad de reactivo; el sistema se desplaza a la izquierda y disminuye  $\text{Cl}_2$ .
- c) Al duplicar el volumen, la presión disminuye y se favorece el lado con más moles gaseosos. Hay 5 en los reactivos y 4 en los productos, así que el equilibrio se desplaza a la izquierda; baja  $\text{Cl}_2$ .
- d) El catalizador acelera ambos sentidos, pero no desplaza el equilibrio ni altera la cantidad final de  $\text{Cl}_2$ .
- e) La reacción directa es exotérmica. Elevar la temperatura favorece el sentido inverso y disminuye  $\text{Cl}_2$ .

### Problema 4 · Disociación de un ácido débil

De  $\text{pH}=2,26$  obtenemos  $x = [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-2,26} = 5,495 \cdot 10^{-3} \text{ M}$ . En  $\text{HA} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{A}^-$ ,  $[\text{A}^-] = x$  y  $[\text{HA}] = 0,025 - x$ . Así,

$$K_a = \frac{x^2}{0,025 - x} = \frac{(5,495 \cdot 10^{-3})^2}{0,025 - 5,495 \cdot 10^{-3}} = 1,55 \cdot 10^{-3}.$$

El porcentaje disociado es la fracción de ácido inicial que se ha ionizado:

$$\alpha = \frac{x}{0,025} \cdot 100 = 22,0\%.$$

|                                                   |
|---------------------------------------------------|
| $K_a = 1,55 \cdot 10^{-3}; \quad \alpha = 22,0\%$ |
|---------------------------------------------------|

### Cuestión 5 · Formulación y nomenclatura

- a) Óxido de cromo(III):  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ .
- b) Nitrato de magnesio:  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ .
- c) Hidrogenosulfato de sodio:  $\text{NaHSO}_4$ .
- d) Ácido benzoico:  $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ .
- e)  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ : hidróxido de calcio.
- f)  $\text{HgS}$ : sulfuro de mercurio(II).
- g)  $\text{H}_3\text{PO}_4$ : ácido fosfórico.
- h)  $\text{CHCl}_3$ : triclorometano (cloroformo).
- i)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$ : propanal.
- j)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$ : metilbenceno (tolueno).

## Opción B · Geometría, redox y ácido-base

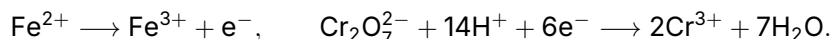
### Cuestión 1 · Lewis y geometría

- $\text{N}_2\text{O}$ : estructura de resonancia principal  $\text{N}\equiv\text{N}^+ - \text{O}^-$ ; lineal.
- $\text{NO}_2^+$ :  $[\text{O} = \text{N} = \text{O}]^+$ , con dos enlaces dobles y geometría lineal.
- $\text{NO}_2^-$ : dos estructuras resonantes con un enlace  $\text{N}=\text{O}$  y uno  $\text{N}-\text{O}^-$ ; N conserva un par libre. La geometría molecular es angular.
- $\text{NO}_3^-$ : tres estructuras resonantes equivalentes con un enlace  $\text{N}=\text{O}$  y dos  $\text{N}-\text{O}^-$ ; alrededor del N hay tres regiones de enlace y la geometría es trigonal plana.

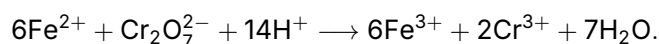
En las especies de resonancia, los enlaces equivalentes reales se describen como deslocalizados, no como un enlace doble fijo en una única posición.

### Problema 2 · Valoración redox del hierro

En medio ácido, el hierro(II) se oxida y el dicromato se reduce:



Multiplicamos la semirreacción del hierro por 6 y sumamos:



Los moles de dicromato son  $0,02872(0,05) = 1,436 \cdot 10^{-3}$  mol. La ecuación muestra que cada mol oxida 6 mol de  $\text{Fe}^{2+}$ :

$$n(\text{Fe}) = 6(1,436 \cdot 10^{-3}) = 8,616 \cdot 10^{-3} \text{ mol}, \quad m = 0,4808 \text{ g}.$$

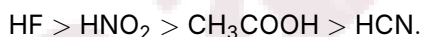
El porcentaje másico es

$$\% \text{Fe} = \frac{0,4808}{0,9132} 100 = 52,65\%.$$

$\% \text{Fe} \approx 52,65\%$

### Cuestión 3 · Fuerza de ácidos e hidrólisis de sales

La fuerza ácida aumenta con  $K_a$ . Con los datos:



La naturaleza de las sales se determina examinando la hidrólisis de sus iones:

- $\text{NaNO}_2$ :  $\text{Na}^+$  procede de una base fuerte y es neutro;  $\text{NO}_2^-$  es la base conjugada del ácido débil  $\text{HNO}_2$ , así que la disolución es básica.
- $\text{NH}_4\text{NO}_3$ :  $\text{NO}_3^-$  es neutro;  $\text{NH}_4^+$  es el ácido conjugado de la base débil  $\text{NH}_3$ , así que la disolución es ácida.
- $\text{NaF}$ :  $\text{F}^-$  es la base conjugada del ácido débil  $\text{HF}$ ; la disolución es básica.
- $\text{KCN}$ :  $\text{CN}^-$  es la base conjugada del ácido muy débil  $\text{HCN}$ ; la disolución es básica.

## Opción B · Equilibrio químico y química orgánica

### Problema 4 · Descomposición del hidrogenocarbonato de sodio

Para  $2\text{NaHCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ , el vacío inicial y la proporción 1:1 de gases implican  $p_{\text{CO}_2} = p_{\text{H}_2\text{O}}$ . Como  $K_p = p_{\text{CO}_2}p_{\text{H}_2\text{O}} = 6,25$ :

$$p_{\text{CO}_2} = p_{\text{H}_2\text{O}} = \sqrt{6,25} = 2,50 \text{ atm}, \quad P_{\text{total}} = 5,00 \text{ atm}.$$

La diferencia de moles gaseosos es 2, así que  $K_p = K_c(RT)^2$ . Con  $T = 130 + 273 = 403 \text{ K}$ :

$$K_c = \frac{6,25}{(0,082 \cdot 403)^2} = 5,72 \cdot 10^{-3} \text{ M}^2.$$

Los moles de cada gas son  $n = pV/(RT) = 0,1513 \text{ mol}$ . La reacción consume dos moles de  $\text{NaHCO}_3$  por cada mol de avance, por lo que se han descompuesto 0,3026 mol:

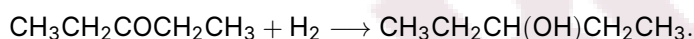
$$m_{\text{descompuesto}} = 0,3026(84) = 25,42 \text{ g}, \quad m_{\text{restante}} = 100 - 25,42 = 74,58 \text{ g}.$$

$K_c = 5,72 \cdot 10^{-3} \text{ M}^2; \quad P_{\text{total}} = 5,00 \text{ atm}; \quad m_{\text{restante}} = 74,58 \text{ g}$

### Cuestión 5 · Reacciones orgánicas

a) Hidrogenación:  $\text{CH}_2=\text{CHCH}_3 + \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$ . Propeno + hidrógeno  $\rightarrow$  propano.

b) Reducción de la cetona:



Pentan-3-ona + hidrógeno  $\rightarrow$  pentan-3-ol.

c) Hidrólisis ácida del éster:  $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ . Etanoato de etilo + agua  $\rightleftharpoons$  ácido etanoico + etanol.

d) Hidratación del eteno:  $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ . Eteno + agua  $\rightarrow$  etanol.

e) Oxidación enérgica del alcohol primario:



Etanol + permanganato en medio ácido  $\rightarrow$  ácido etanoico + agua.