

Resolución razonada de las opciones A y B.

Opción A · Estructura, disoluciones y equilibrio

Cuestión 1 · Configuración electrónica y propiedades periódicas

- **Be** ($Z = 4$): $1s^2 2s^2$; tiene 2 electrones de valencia, está en período 2, grupo 2 y es metal.
- **Na** ($Z = 11$): $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$; 1 electrón de valencia, período 3, grupo 1, metal.
- **S** ($Z = 16$): $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$; 6 electrones de valencia, período 3, grupo 16, no metal.
- **Cl** ($Z = 17$): $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$; 7 electrones de valencia, período 3, grupo 17, no metal.

La electronegatividad aumenta hacia la derecha en un período y hacia arriba en un grupo. Por ello, Cl es el más electronegativo y Na el menos electronegativo de los cuatro. Para alcanzar configuraciones estables, los iones más probables son Be^{2+} , Na^+ , S^{2-} y Cl^- .

Más electronegativo: Cl; menos electronegativo: Na; iones: Be^{2+} , Na^+ , S^{2-} , Cl^-

Problema 1 · Preparación de disoluciones de amoníaco

Un litro de disolución tiene masa $0,88 \text{ kg} = 880 \text{ g}$; el 32% en masa corresponde a amoníaco:

$$m(\text{NH}_3) = 0,32(880) = 281,6 \text{ g}, \quad n(\text{NH}_3) = \frac{281,6}{17} = 16,565 \text{ mol.}$$

Al estar estos moles en un litro, la concentración es $16,565 \text{ M}$. Para preparar 2 L de disolución $0,5 \text{ M}$ se necesitan $n = CV = (0,5)(2) = 1,00 \text{ mol}$. El volumen de disolución concentrada que aporta esa cantidad es

$$V = \frac{n}{C} = \frac{1,00}{16,565} = 0,0604 \text{ L} = 60,4 \text{ mL.}$$

$$C_{\text{concentrada}} = 16,565 \text{ M}; \quad V_{\text{concentrada}} = 60,4 \text{ mL}$$

Cuestión 2 · Equilibrio de oxidación del amoníaco

Para $4\text{NH}_3(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{NO}(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{g})$:

$$K_c = \frac{[\text{NO}]^4 [\text{H}_2\text{O}]^6}{[\text{NH}_3]^4 [\text{O}_2]^5}, \quad K_p = \frac{p_{\text{NO}}^4 p_{\text{H}_2\text{O}}^6}{p_{\text{NH}_3}^4 p_{\text{O}_2}^5}.$$

La variación de moles gaseosos es $\Delta n = (4 + 6) - (4 + 5) = 1$, así que $K_p = K_c(RT)^1$. Si aumenta la presión al reducir el volumen, el equilibrio se desplaza al lado con menos moles gaseosos: hacia los reactivos (9 mol frente a 10), y disminuye la formación de productos. Al añadir O_2 , un reactivo, el sistema se desplaza a la derecha. Este cambio de concentración no altera el valor de la constante de equilibrio, que solo depende de la temperatura.

Problema 2 · Comparación y dilución de ácidos

El HCl es un ácido fuerte; en 0,050 M se disocia completamente:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 0,050 \text{ M}, \quad \text{pH} = -\log(0,050) = 1,301.$$

Para el ácido acético, con concentración inicial 0,050 M y $K_a = 1,8 \cdot 10^{-5}$, planteamos

$$K_a = \frac{x^2}{0,050 - x} \implies x = 9,397 \cdot 10^{-4} \text{ M}, \quad \text{pH} = 3,027.$$

Para igualar el pH, diluimos el HCl hasta que su concentración de H_3O^+ sea también $9,397 \cdot 10^{-4} \text{ M}$. En los 15 mL iniciales hay $0,050(0,015) = 7,50 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$ de HCl; el volumen final requerido es

$$V_f = \frac{n}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{7,50 \cdot 10^{-4}}{9,397 \cdot 10^{-4}} = 0,798 \text{ L}.$$

Hay que añadir $0,798 - 0,015 = 0,783 \text{ L}$ de agua. El resultado impreso como 774,5 L no puede ser correcto en esas unidades ni coincide con los datos; el volumen es del orden de 0,78 L.

$\text{pH}(\text{HCl}) = 1,301; \quad \text{pH}(\text{CH}_3\text{COOH}) = 3,027; \quad V_{\text{agua}} \approx 0,783 \text{ L}$

Cuestión 3 · Formulación y nomenclatura

- a) $\text{Ca}(\text{OH})_2$: hidróxido de calcio.
- b) PCl_3 : tricloruro de fósforo (cloruro de fósforo(III)).
- c) NaH_2PO_4 : dihidrogenofosfato de sodio.
- d) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COCH}_3$: butan-2-ona.
- e) $\text{CH}_3\text{CCl}_2\text{CH}_3$: 2,2-dicloropropano.
- f) Óxido de aluminio: Al_2O_3 .
- g) Cloruro amónico: NH_4Cl .
- h) Ácido 2-metilpropanoico: $(\text{CH}_3)_2\text{CHCOOH}$.
- i) Etanoato de potasio: CH_3COOK .
- j) 1,2-bencenodiol: $\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})_2$, con los OH en carbonos contiguos.

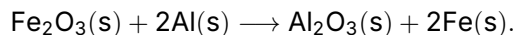
Opción B · Geometría molecular y termoquímica

Cuestión 1 · Geometrías y polaridad

- OCl_2 : el O central tiene dos enlaces y dos pares libres; la molécula es angular y polar.
- NCl_3 : N tiene tres enlaces y un par libre; la forma molecular es piramidal trigonal y polar.
- NH_4^+ : N forma cuatro enlaces y no tiene pares libres; la geometría es tetraédrica y simétrica, por lo que el momento dipolar neto es nulo.
- CCl_4 : C forma cuatro enlaces; la geometría tetraédrica simétrica hace que los dipolos de enlace se cancelen. Es apolar.

Problema 1 · Reacción termita

La ecuación ajustada es



La entalpía de reacción es

$$\Delta H_r^\circ = \Delta H_f^\circ(\text{Al}_2\text{O}_3) - \Delta H_f^\circ(\text{Fe}_2\text{O}_3) = -1676 - (-824) = -852 \text{ kJ}$$

por cada mol de Fe_2O_3 consumido. Dos gramos de Fe_2O_3 son $2/159,6 = 0,01253$ mol, de modo que

$$Q = (0,01253)(-852) = -10,68 \text{ kJ}.$$

Para liberar $10^6 \text{ J} = 1000 \text{ kJ}$, el avance necesario es $1000/852 = 1,174$ mol. Se requieren dos moles de Al por mol de Fe_2O_3 , por lo que

$$m(\text{Al}) = 2(1,174)(27) = 63,4 \text{ g}.$$

El dato se lee como 10^6 J (exponente 6). El resultado de referencia de 39,91 g no se obtiene con las entalpías y la estequiometría proporcionadas.

$Q(2 \text{ g } \text{Fe}_2\text{O}_3) = -10,68 \text{ kJ}; \quad m(\text{Al}) = 63,4 \text{ g para liberar } 10^6 \text{ J}$

Cuestión 2 · Espontaneidad de la descomposición del carbonato cálcico

La reacción es $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$, con $\Delta H > 0$. La formación de un gas a partir de sólidos aumenta el desorden, por lo que $\Delta S > 0$. La espontaneidad se decide mediante $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$:

- a) Falsa: a temperatura suficientemente baja domina el término positivo ΔH .
- b) Falsa: al aumentar T, el término $-T\Delta S$ favorece la reacción directa.
- c) Falsa: la variación de entropía es positiva y favorece la espontaneidad.
- d) Verdadera: a temperatura suficientemente alta, $T\Delta S$ supera a ΔH y $\Delta G < 0$.

Problema 2 · Equilibrio de formación de fosgeno

En el recipiente de 10 L se parte de 0,040 mol de CO y 0,040 mol de Cl₂. Ha reaccionado el 37,5% del cloro, es decir,

$$x = 0,375(0,040) = 0,0150 \text{ mol.}$$

Para $\text{CO} + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{COCl}_2$, en el equilibrio hay 0,0250 mol de cada reactivo y 0,0150 mol de producto:

$$[\text{CO}] = [\text{Cl}_2] = 2,50 \cdot 10^{-3} \text{ M}, \quad [\text{COCl}_2] = 1,50 \cdot 10^{-3} \text{ M.}$$

Así,

$$K_c = \frac{[\text{COCl}_2]}{[\text{CO}][\text{Cl}_2]} = 240 \text{ M}^{-1}.$$

A 525 °C, $T = 798 \text{ K}$, y $\Delta n = -1$. Por ello $K_p = K_c(RT)^{-1}$:

$$K_p = \frac{240}{(0,082)(798)} = 3,67 \text{ atm}^{-1}.$$

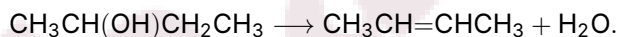
La cantidad de CO que queda es 0,0250 mol, cuya masa es

$$m(\text{CO}) = (0,0250)(28) = 0,700 \text{ g.}$$

$K_c = 240 \text{ M}^{-1}; \quad K_p = 3,67 \text{ atm}^{-1}; \quad m(\text{CO}) = 0,700 \text{ g}$

Cuestión 3 · Reacciones orgánicas

- a) Adición de Cl₂ al doble enlace: $\text{ClCH}=\text{CHCl} + \text{Cl}_2 \longrightarrow \text{CHCl}_2\text{CHCl}_2$. 1,2-dicloroeteno + cloro $\rightarrow$ 1,1,2,2-tetracloroetano.
- b) Sustitución en agua: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Br} + \text{KOH} \longrightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH} + \text{KBr}$. 1-bromopropano + hidróxido de potasio $\rightarrow$ propan-1-ol + bromuro de potasio.
- c) La oxidación de un alcohol secundario produce una cetona: $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3 + [\text{O}] \longrightarrow \text{CH}_3\text{COCH}_3 + \text{H}_2\text{O}$. Propan-2-ol + oxidante $\rightarrow$ propanona + agua.
- d) Esterificación: $(\text{CH}_3)_2\text{CHCOOH} + \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} \rightleftharpoons (\text{CH}_3)_2\text{CHCOOCH}_2\text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$. Ácido 2-metilpropanoico + etanol $\rightleftharpoons$ 2-metilpropanoato de etilo + agua.
- e) La deshidratación del butan-2-ol produce principalmente el alqueno más sustituido:



Butan-2-ol $\rightarrow$ but-2-eno + agua (producto principal).