

Resolución razonada de las opciones A y B.

Opción A · Enlace, redox y equilibrio

Cuestión 1 · Enlace y propiedades

- a) HF y BF₃ son sustancias moleculares con enlaces covalentes; HF es polar y BF₃, aunque sus enlaces B-F son polares, tiene una geometría simétrica. Fe presenta enlace metálico y KF, enlace iónico entre K⁺ y F⁻.
- b) BF₃ tiene el menor punto de fusión. Es una molécula pequeña y apolar, cuyas moléculas se atraen principalmente por fuerzas de London. HF forma enlaces de hidrógeno; Fe y KF forman redes con interacciones mucho más intensas.
- c) Fe conduce en estado sólido y fundido por sus electrones deslocalizados. KF sólido no conduce, pero fundido sí, porque sus iones pueden desplazarse. HF y BF₃, sustancias moleculares, no conducen en estado puro.
- d) El B central de BF₃ tiene tres regiones de enlace y no conserva pares libres. Presenta hibridación *sp*² y geometría trigonal plana, con ángulos de 120°.

Cuestión 2 · Oxidación y potenciales

- a) Falsa. En S + O₂ → SO₂, S pasa de 0 a +4 y se oxida; el oxígeno pasa de 0 a -2 y se reduce. Por ello, O₂ es el oxidante, no el reductor.
- b) Falsa. En HClO, H tiene +1 y O tiene -2; para que la molécula sea neutra, Cl tiene +1.
- c) Verdadera. La plata se reduce en el cátodo y el cobre se oxida en el ánodo:

$$E_{\text{pila}}^{\circ} = E_{\text{red}}^{\circ}(\text{Ag}^{+}/\text{Ag}) - E_{\text{red}}^{\circ}(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = 0,80 - 0,34 = 0,46 \text{ V.}$$

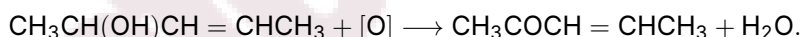
- d) Verdadera. El cinc se oxida y el hierro(III) se reduce:



El potencial estándar es $-0,04 - (-0,76) = 0,72 \text{ V} > 0$, así que la reacción escrita es espontánea.

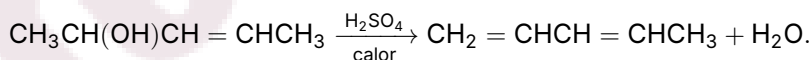
Cuestión 3 · Identificación de un alcohol insaturado

El grupo alcohol que se oxida a cetona debe estar unido a un carbono secundario. Para formar 3-penten-2-ona, CH₃COCH = CHCH₃, el alcohol A es pent-3-en-2-ol:



Es la oxidación de un alcohol secundario a cetona.

Al deshidratarlo, se elimina agua entre los carbonos 1 y 2 y se forma el dieno conjugado:



Es una eliminación y el producto es penta-1,3-dieno.

Un isómero de función de fórmula C₅H₁₀O es pentanal, CH₃CH₂CH₂CH₂CHO, que contiene un grupo aldehído en lugar del alcohol y el doble enlace.

Problema 1 · Disociación del ácido benzoico

La masa molar del ácido benzoico, C₆H₅COOH, es 122 g mol⁻¹. En 500 mL:

$$n = \frac{4,88}{122} = 0,0400 \text{ mol}, \quad C_0 = \frac{0,0400}{0,500} = 0,0800 \text{ M}.$$

Con un grado de disociación $\alpha = 0,028$, el equilibrio deja $[\text{HA}] = C_0(1 - \alpha)$ y forma $[\text{A}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] = C_0\alpha$.

- a) La constante y su logaritmo son

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = \frac{C_0\alpha^2}{1 - \alpha} = 6,45 \cdot 10^{-5}, \quad pK_a = -\log K_a = 4,19.$$

- b) $[\text{H}_3\text{O}^+] = C_0\alpha = (0,0800)(0,028) = 2,24 \cdot 10^{-3} \text{ M}$, por lo que

$$pH = -\log(2,24 \cdot 10^{-3}) = 2,65, \quad [\text{OH}^-] = \frac{K_w}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{10^{-14}}{2,24 \cdot 10^{-3}} = 4,46 \cdot 10^{-12} \text{ M}.$$

c) Para que el ácido hipocloroso tenga el mismo grado de disociación, usamos $K_a(\text{HClO}) = 10^{-7,54}$ y $K_a = C\alpha^2/(1-\alpha)$:

$$C(\text{HClO}) = \frac{10^{-7,54}(1-0,028)}{(0,028)^2} = 3,57 \cdot 10^{-5} \text{ M.}$$

Problema 2 · Disociación del etano

Sea α la fracción de etano que se disocia en $\text{C}_2\text{H}_6(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$. Por cada mol inicial quedan $1-\alpha$ mol de etano y se forman α mol de cada producto; el total es $1+\alpha$.

a) Primero relacionamos K_c y K_p . Como $\Delta n_g = 1$,

$$K_p = K_c RT = (7,0 \cdot 10^{-4})(0,082)(900) = 0,05166.$$

Las presiones parciales dan

$$K_p = \frac{p_{\text{C}_2\text{H}_4} p_{\text{H}_2}}{p_{\text{C}_2\text{H}_6}} = \frac{\alpha^2 P}{1-\alpha^2}.$$

Con $P = 2 \text{ atm}$,

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_p}{P + K_p}} = 0,1587.$$

Por tanto,

$$p_{\text{C}_2\text{H}_6} = \frac{1-\alpha}{1+\alpha}(2) = 1,45 \text{ atm}, \quad p_{\text{C}_2\text{H}_4} = p_{\text{H}_2} = \frac{\alpha}{1+\alpha}(2) = 0,274 \text{ atm}.$$

b) Al aumentar la presión, el equilibrio se desplaza hacia el lado con menos moles gaseosos, el etano; por ello, α disminuye. Si la presión total se duplica a 4 atm,

$$\alpha' = \sqrt{\frac{K_p}{4 + K_p}} = 0,1129 < 0,1587.$$

El cálculo confirma que se disocia una fracción menor.

Opción B · Estructura, redox y ácido-base

Cuestión 1 · Isótopos del uranio

a) ^{238}U y ^{235}U son isótopos: tienen el mismo número atómico $Z = 92$, pero distinto número de neutrones. Por eso, sus configuraciones electrónicas son iguales.

b) El número de neutrones en ^{235}U es

$$N = A - Z = 235 - 92 = 143.$$

c) La configuración electrónica fundamental es

$$\text{U} : [\text{Rn}] 5f^3 6d^1 7s^2.$$

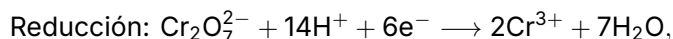
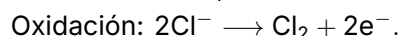
d) Los dos electrones de la capa más externa están en $7s$. Sus números cuánticos son

$$(7, 0, 0, +\frac{1}{2}) \quad \text{y} \quad (7, 0, 0, -\frac{1}{2}).$$

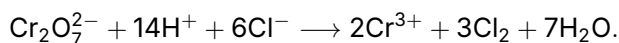
Cuestión 2 · Redox del dicromato y cloruro

El cromo pasa de $+6$ en $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ a $+3$ en $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$: se reduce. El cloro pasa de -1 en Cl^- a 0 en Cl_2 : se oxida. El dicromato es el oxidante y el cloruro, el reductor.

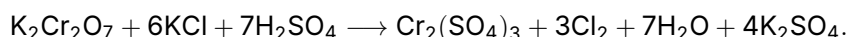
b) En medio ácido:



Multiplicamos la oxidación por tres y sumamos:



La ecuación molecular ajustada es



c) Seis moles de KCl producen tres moles de cloro; por tanto, a partir de 2 mol de KCl se obtiene como máximo

$$n(\text{Cl}_2) = 2 \cdot \frac{3}{6} = 1,00 \text{ mol}.$$

Cuestión 3 · Alanina y polímeros

a) La alanina, ácido 2-aminopropanoico, es



b) Tiene comportamiento anfótero: el grupo carboxilo puede ceder un protón y el grupo amino puede aceptarlo. En agua aparece principalmente como zwitterión, $\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_3^+)\text{COO}^-$.

c) Las moléculas se enlazan mediante condensación: el grupo carboxilo de una reacciona con el grupo amino de otra y se elimina agua, formándose un enlace peptídico (amida). La repetición produce polialanina.

d) Los polímeros sintéticos con enlaces $-\text{CO}-\text{NH}-$ son las poliamidas, por ejemplo los nailon, como el nailon-6 y el nailon-6,6.

Problema 1 · Diluciones y neutralización de NaOH

a) $pH = 13$ implica $pOH = 1$, luego $[\text{OH}^-] = 10^{-1} = 0,10 \text{ M}$. En 1 L hay 0,10 mol de NaOH:

$$m = (0,10)(40,0) = 4,0 \text{ g}.$$

b) Para alcanzar $pH = 12$, se necesita $pOH = 2$, es decir, $[\text{OH}^-] = 0,010 \text{ M}$. Los moles de NaOH no cambian al diluir:

$$V_f = \frac{n}{C_f} = \frac{0,10}{0,010} = 10 \text{ L}, \quad V_{\text{agua}} = 10 - 1 = 9 \text{ L}.$$

c) La neutralización es $\text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$, de proporción 1:1. Para los 0,10 mol de NaOH se necesitan 0,10 mol de HCl:

$$V_{\text{HCl}} = \frac{n}{C} = \frac{0,10}{0,50} = 0,20 \text{ L}.$$

d) En equivalencia queda NaCl en agua. La sal procede de ácido y base fuertes y no hidroliza; la disolución es neutra. Al duplicar el volumen continúa siendo aproximadamente $pH = 7$.

Problema 2 · Equilibrio de disociación del cloruro de amonio

En $\text{NH}_4\text{Cl(s)} \rightleftharpoons \text{HCl(g)} + \text{NH}_3\text{(g)}$, los dos gases se forman en proporción 1:1. Con presión total 16,4 atm, $p_{\text{HCl}} = p_{\text{NH}_3} = 8,2 \text{ atm}$.

a) El sólido no aparece en la expresión de equilibrio:

$$K_p = p_{\text{HCl}}p_{\text{NH}_3} = (8,2)^2 = 67,24.$$

Como $\Delta n_g = 2$, $K_p = K_c(RT)^2$:

$$K_c = \frac{67,24}{(0,082 \cdot 500)^2} = 0,0400 \text{ mol}^2 \text{ L}^{-2}.$$

b) La entalpía estándar es

$$\Delta H_r^\circ = [-92,3 + (-45,9)] - (-314,6) = 176,4 \text{ kJ mol}^{-1}.$$

c) La reacción es endotérmica y transforma un sólido en dos gases, de modo que $\Delta S > 0$. Como $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$, a temperaturas suficientemente altas domina el término negativo $-T\Delta S$ y la reacción es espontánea.