

Enunciado de la Pregunta 1

Los fertilizantes son productos que se utilizan para enriquecer el suelo y mejorar la calidad de las plantas. Contienen nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio, y micronutrientes como hierro, cobre y zinc, todos ellos necesarios para su buen estado y crecimiento. El primer fertilizante nitrogenado sólido que se ha producido a gran escala es el nitrato de amonio (NH_4NO_3) y se obtiene por reacción de NH_3 con HNO_3 . El fertilizante de potasio más utilizado es el KCl, debido a su bajo coste, su alta concentración en potasio y su buena solubilidad.

- a) (1 punto)** Justifique el tipo de enlace en las siguientes sustancias: KCl, Cu, NH_4^+ y NH_3 .
- b) (0,5 puntos)** Escriba las estructuras de Lewis de NH_3 y NH_4^+ e indique si alguna de las sustancias presenta un enlace de coordinación (covalente dativo).
- c) (0,5 puntos)** Indique y dibuje la geometría de la molécula de amoníaco y del ion amonio mediante la teoría de repulsión de pares de electrones de la capa de valencia (RPECV).
- d) (0,5 puntos)** El pH del suelo afecta a la disponibilidad de los nutrientes vegetales. Sabiendo que en un determinado suelo se utiliza como fertilizante el nitrato de amonio, justifique si la mayor parte de los nutrientes de ese suelo son más solubles en medio ácido, neutro o básico. Escriba las reacciones necesarias para justificarlo. *Dato. $pK_b(\text{amoníaco}) = 4,75$.*

Estrategia de resolución: Para el tipo de enlace (apartado a), nos fijaremos en si se unen metales o no metales. Para las estructuras de Lewis (apartado b), contaremos los electrones de valencia totales y buscaremos quién aporta los electrones del nuevo enlace al formarse el ion amonio. En la geometría (apartado c), aplicaremos la teoría RPECV contando los pares libres y enlazantes del átomo central. Finalmente, en el apartado d, disociaremos la sal y plantearemos la hidrólisis del ion débil para deducir el pH resultante.

Criterios de corrección habituales: En el apartado de justificar el tipo de enlace del ion amonio, es muy típico fallar diciendo que es “iónico” por tener carga positiva. ¡Cuidado! La unión entre el nitrógeno y los hidrógenos es puramente covalente. En la hidrólisis, si no escribís la reacción del amonio con el agua generando iones hidronio, os quitarán la mitad de la puntuación.

Solución Paso a Paso de la Pregunta 1

Apartado a): Justificación de tipos de enlace

KCl (Cloruro de potasio): Presenta un enlace iónico. Se une un metal (K), que tiende a ceder electrones, con un no metal (Cl), que los acepta para alcanzar la configuración de gas noble. **Cu (Cobre):** Presenta

enlace metálico, ya que está formado por átomos metálicos puros que comparten sus electrones de valencia en una red rodeada por un mar de electrones. NH_4^+ (**Ion amonio**): Los enlaces internos entre el nitrógeno y los hidrógenos son covalentes, porque ocurre entre átomos no metálicos que comparten pares de electrones. NH_3 (**Amoniac**): Igual que el caso anterior, presenta enlace covalente al darse entre elementos no metálicos.

Apartado b): Estructuras de Lewis y enlace coordinado

El nitrógeno aporta 5 electrones de valencia y cada hidrógeno 1.

Amoniac (NH_3): Tenemos 8 electrones de valencia. El nitrógeno forma 3 enlaces simples con los hidrógenos y le sobra un par de electrones no enlazantes. $\text{H} - \bar{\text{N}}\text{H}_2$

Ion amonio (NH_4^+): A los 9 electrones teóricos (5+4) le restamos 1 por la carga positiva, quedando 8 electrones. El nitrógeno utiliza su par de electrones solitario para enlazarse a un ion H^+ (protón). Esta estructura presenta un enlace de coordinación (o covalente dativo), ya que es el átomo de nitrógeno el que aporta los dos electrones para formar el nuevo enlace con el protón.

Apartado c): Geometría molecular (RPECV)

Amoniac (NH_3): El átomo central tiene 4 dominios electrónicos (3 enlazantes y 1 libre). Esto da una distribución tetraédrica, pero la geometría molecular resultante es de pirámide trigonal. **Ion amonio** (NH_4^+): El átomo central tiene 4 dominios y todos son enlazantes. Su geometría molecular es tetraédrica.

Apartado d): Hidrólisis y pH del suelo

El enunciado nos indica que los nutrientes son más solubles en medios ácidos. Al disolver el fertilizante, se disocia por completo: $\text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$

El ion nitrato procede del ácido nítrico (fuerte), por lo que es una base conjugada muy débil y no se hidroliza. El ion amonio procede del amoniac (base débil, como indica su pK_b), por lo que actuará como ácido conjugado fuerte y sufrirá hidrólisis: $\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}_3\text{O}^+$

La generación de iones H_3O^+ hace que el suelo se vuelva ácido, lo cual favorece la solubilidad de la mayor parte de los nutrientes vegetales.

Mi consejo: A la hora de escribir los pares de electrones en Lewis, marcad con un color o símbolo distinto el par solitario del amoniac. Así quedará visualmente demostrado por qué ese enlace se convierte en dativo al unirse el protón.

Enunciado de la Pregunta 2A

Considere los elementos A, B y C. El electrón más externo del elemento A está en un orbital con los tres primeros números cuánticos (3,0,0) y su ion más estable es A^+ ; el elemento B pertenece al grupo de los alcalinotérreos y su electrón más externo está en un orbital (3,0,0); el ion más estable del elemento C es C^- y su electrón más externo está en un orbital 3p.

- a) (1 punto)** Identifique cada elemento con su nombre, símbolo, configuración electrónica, grupo y periodo.
- b) (0,5 puntos)** Justifique qué elemento presenta menor energía de ionización.
- c) (0,5 puntos)** Escriba el nombre del número cuántico ml. Indique cuántos electrones con $ml = 0$ hay en los átomos A y B.
- d) (0,5 puntos)** La segunda energía de ionización del elemento A es 4560 kJ/mol mientras que la del elemento B es 1451 kJ/mol. Justifique por qué es mayor la del elemento A.

Estrategia de resolución: Traduciremos los números cuánticos a subniveles ($n=3$, $l=0$ es 3s) para sacar las configuraciones electrónicas e identificar a los elementos en la tabla. Para la energía de ionización, al estar en el mismo periodo, razonaremos basándonos en la carga nuclear efectiva. Contaremos los electrones en orbitales “s” y en el orbital central de los “p” para sacar el número cuántico magnético, y justificaremos las segundas energías de ionización buscando qué elemento se ha quedado con configuración de gas noble.

Criterios de corrección habituales: Al justificar la energía de ionización variando a lo largo de un mismo periodo, debéis escribir textualmente el término “carga nuclear efectiva”. Es el concepto clave que buscan los correctores en lugar de un simple “porque está más a la izquierda”.

Solución Paso a Paso de la Pregunta 2A

Apartado a): Identificación de elementos

Elemento A: Sus cuánticos apuntan a 3s. Al ser su ion más estable A^+ , su configuración acaba en $3s^1$. Es el Sodio (Na), configuración $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$, grupo 1, periodo 3. **Elemento B:** Alcalinotérreo terminando en 3s, su valencia es $3s^2$. Es el Magnesio (Mg), configuración $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$, grupo 2, periodo 3. **Elemento C:** Su ion es C^- y su último electrón cae en 3p, por lo que le falta un electrón para completar la capa ($3s^2 3p^5$). Es el Cloro (Cl), configuración $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$, grupo 17, periodo 3.

Apartado b): Menor energía de ionización

El elemento A (Sodio) tiene la menor energía de ionización. Al avanzar de izquierda a derecha en el mismo periodo, aumenta la carga nuclear efectiva, atrayendo más fuertemente a los electrones hacia el núcleo. Como el Sodio está más a la izquierda, es al que menos energía cuesta arrancarle su electrón de valencia.

Apartado c): Número cuántico m_l

El número cuántico m_l recibe el nombre de número cuántico magnético. **Átomo A (Na):** En los subniveles s siempre hay $m_l = 0$, y en los p hay un orbital con $m_l = 0$. En total: 2 en $1s$, 2 en $2s$, 2 en $2p$, 1 en $3s$. Hay 7 electrones. **Átomo B (Mg):** Tiene la misma base que el sodio pero con un electrón más en el orbital $3s$. Hay 8 electrones.

Apartado d): Segundas energías de ionización

La segunda energía de ionización del elemento A (Sodio) es mucho mayor porque, al quitarle el primer electrón, ha alcanzado la configuración electrónica de un gas noble ($1s^2 2s^2 2p^6$), que es extremadamente estable. En el elemento B (Magnesio), el segundo electrón se extrae de un orbital s semicupado ($3s^1$), lo cual cuesta mucha menos energía ya que al perderlo es él quien alcanza la configuración de gas noble.

Enunciado de la Pregunta 2B

Justifique si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones.

- a) (0,5 puntos)** La energía de red del LiF es mayor que la del KF, suponiendo que ambos compuestos cristalizan con el mismo tipo de red.
- b) (0,5 puntos)** En estado fundido los compuestos covalentes sí conducen la electricidad.
- c) (0,5 puntos)** La hibridación del átomo de boro en el BF_3 es sp^3 .
- d) (0,5 puntos)** La temperatura de ebullición del H_2S es mayor que la del H_2O .
- e) (0,5 puntos)** Las fuerzas intermoleculares más fuertes que presenta el PH_3 son debidas a enlaces de hidrógeno.

Estrategia de resolución: Evaluaremos cada afirmación apoyándonos en los pilares teóricos: la Ley de Coulomb para la energía reticular (a menor distancia, mayor energía), los requisitos de conductividad eléctrica (cargas libres), los dominios electrónicos para la hibridación, y los requisitos indispensables para formar enlaces de hidrógeno (regla FON).

Criterios de corrección habituales: No basta con poner “Verdadero” o “Falso”. Hay que justificar específicamente dónde está el error de la afirmación falsa aportando el dato correcto o la ley física subyacente.

Solución Paso a Paso de la Pregunta 2B

Apartado a): VERDADERA. Según la ecuación de la energía reticular (basada en la Ley de Coulomb), a menor distancia interiónica, mayor energía de red. Como el catión litio es más pequeño que el potasio, la distancia de enlace en el LiF es menor y su energía de red es mayor. **Apartado b): FALSA.** Para conducir la electricidad se requiere la presencia de cargas con libertad de movimiento. En los compuestos covalentes moleculares no existen iones ni electrones libres, ni siquiera estando fundidos. **Apartado c): FALSA.** El boro en el trifluoruro de boro forma 3 enlaces simples equivalentes y no tiene pares libres (plana trigonal). Por tanto, su hibridación es sp^2 . **Apartado d): FALSA.** Al hervir se rompen interacciones intermoleculares. El agua forma enlaces de hidrógeno (las fuerzas más fuertes), mientras que el sulfuro de hidrógeno no. Por tanto, el agua tiene mayor temperatura de ebullición. **Apartado e): FALSA.** Para que exista enlace de hidrógeno, la molécula debe tener un átomo de hidrógeno unido a un átomo muy pequeño y electronegativo (flúor, oxígeno o nitrógeno). El fósforo no cumple este requisito.

Enunciado de la Pregunta 3A

a) (1,5 puntos) Nombre los siguientes compuestos, indique para cada pareja si son isómeros y el tipo de isomería que presentan y escriba su fórmula molecular. **i)** $\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{NH} - \text{CH}_3$ y $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CO} - \text{NH}_2$ **ii)** $\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{COO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ y $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_2 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{COOH}$ **iii)** Estructuras correspondientes al 1-cloro-2-metilprop-1-eno (dibujadas de forma distinta en el PDF original).

b) (1 punto) Complete las siguientes reacciones, formule y nombre todos los compuestos orgánicos, e indique el tipo de reacción. **i)** but-2-eno + HCl $\rightarrow$ **ii)** $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CHOH} - \text{CH}_3$ + oxidante (débil) $\rightarrow$ **iii)** A + etanol $\rightarrow$ $\text{HCOO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ **iv)** cis-pent-2-eno + $\text{H}_2/\text{Pt} \rightarrow$ **v)** $\text{CH}_3 - \text{CH}=\text{CH} - (\text{CH}_2)_2 - \text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O}/\text{H}^+ \rightarrow$

Estrategia de resolución: Para la isomería, contaremos los átomos de cada elemento para confirmar que la fórmula molecular es idéntica y compararemos los grupos funcionales o la estructura de la cadena. En las reacciones, aplicaremos las reglas clásicas de química orgánica: adiciones electrófilas (Markovnikov), oxidaciones de alcoholes secundarios a cetonas y esterificaciones de ácidos con alcoholes.

Criterios de corrección habituales: En el apartado de las reacciones (b.v), como el doble enlace no es simétrico pero ambos carbonos tienen el mismo número de hidrógenos, la regla de Markovnikov no prefiere ninguno. Debéis dibujar y nombrar los dos alcoholes posibles o perderéis la mitad del valor de esa reacción.

Solución Paso a Paso de la Pregunta 3A

Apartado a): Nomenclatura e Isomería

Pareja i): El primero es la N-metiletanamida y el segundo es la propanamida. Tienen la misma fórmula molecular ($\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}$), así que son isómeros de posición.

Pareja ii): El primero es el 2-metilpropanoato de etilo y el segundo es el ácido 2-metilpentanoico. Comparten fórmula molecular ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2$), por lo tanto, son isómeros de función.

Pareja iii): Ambas estructuras representan la misma molécula dibujada diferente: el 1-cloro-2-metilprop-1-eno, de fórmula $\text{C}_4\text{H}_7\text{Cl}$. No son isómeros entre sí.

Apartado b): Reacciones orgánicas

Reacción i): $\text{CH}_3 - \text{CH}=\text{CH} - \text{CH}_3$ (but-2-eno) + HCl $\rightarrow$ $\text{CH}_3 - \text{CHCl} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ (2-clorobutano) Es una reacción de adición al doble enlace.

Reacción ii): $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CHOH} - \text{CH}_3$ (pentan-2-ol) + oxidante débil $\rightarrow$ $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CO} - \text{CH}_3$ (pentan-2-ona) Se trata de una reacción de oxidación de un alcohol secundario a cetona.

Reacción iii): HCOOH (ácido metanoico) + $\text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{OH}$ (etanol) $\rightarrow$ $\text{HCOO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ (metanoato de etilo) + H_2O Es una reacción de condensación o esterificación.

Reacción iv): cis-pent-2-eno + H_2/Pt $\rightarrow$ $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ (pentano) Es una reacción de reducción o hidrogenación (también válida como adición).

Reacción v): $\text{CH}_3 - \text{CH}=\text{CH} - (\text{CH}_2)_2 - \text{CH}_3$ (hex-2-eno) + $\text{H}_2\text{O}/\text{H}^+$ $\rightarrow$ $\text{CH}_3 - \text{CHOH} - (\text{CH}_2)_3 - \text{CH}_3$ (hexan-2-ol)

- $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CHOH} - (\text{CH}_2)_2 - \text{CH}_3$ (hexan-3-ol) Es una reacción de adición (hidratación).

Mi consejo: Fijaos bien en la reacción iii. Nos daban solo “A” como incógnita. Para saber qué compuesto faltaba, mirad el éster del producto: la parte que acompaña al oxígeno simple viene del etanol (que ya lo tenemos), así que la parte del doble enlace (metanoato) tiene que venir obligatoriamente del ácido metanoico.

Enunciado de la Pregunta 3B

- a) (1 punto)** Formule las siguientes reacciones para el propan-1-ol. Escriba el nombre de todos los reactivos y productos orgánicos, e indique el tipo de reacción. **i)** $\text{propan-1-ol} + \text{HBr} \rightarrow$ **ii)** $\text{propan-1-ol} + \text{oxidante (fuerte)} \rightarrow$ **iii)** $\text{propan-1-ol} + \text{CH}_3 - \text{CH}(\text{CH}_3) - (\text{CH}_2)_2 - \text{COOH} \rightarrow$ **iv)** $\text{propan-1-ol} + \text{H}_2\text{SO}_4/\text{calor} \rightarrow$
- b) (0,5 puntos)** Nombre los siguientes compuestos orgánicos e indique a qué tipo de compuesto orgánico pertenecen: **i)** $\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{C}(\text{CH}_3)_2 - \text{CHO}$ **ii)** $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{C} \equiv \text{C} - \text{CH}_3$ **iii)** Isómero cis del 5-metilhex-2-eno dibujado en el PDF original.
- c) (1 punto)** Formule y ajuste la reacción de combustión de butano indicando el estado de las especies, a 298 K y 1,00 atm. Calcule la cantidad de calor que se desprende en la combustión de 12,0 L de butano en esas condiciones. *Datos.* A 298 K, $\Delta H_f^\circ (\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$: $\text{C}_4\text{H}_{10}(\text{g}) = -125,7$; $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) = -285,8$; $\text{CO}_2(\text{g}) = -393,5$. $R = 0,0820 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

Estrategia de resolución: Plantearemos las cuatro reacciones típicas de un alcohol primario (sustitución, oxidación a ácido, esterificación y deshidratación). En la termoquímica, escribiremos la combustión ajustada con estados de agregación, calcularemos la entalpía estándar de reacción por la Ley de Hess, sacaremos los moles usando la ley de los gases ideales y multiplicaremos por la entalpía para sacar el calor total.

Criterios de corrección habituales: En el apartado de combustión, debéis poner explícitamente el estado de agregación (*g*) o (*l*) de cada compuesto. Además, si el enunciado pide el “calor que se desprende”, el resultado final podéis darlo en positivo (el verbo “desprende” ya indica el signo negativo), pero dejad clara la operación térmica.

Solución Paso a Paso de la Pregunta 3B

Apartado a): Reacciones del propan-1-ol

Reacción i): $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{OH}$ (propan-1-ol) + HBr $\rightarrow$ $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{Br}$ (1-bromopropano) + H_2O
 Reacción de sustitución.

Reacción ii): $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{OH}$ (propan-1-ol) + oxidante fuerte $\rightarrow$ $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$ (ácido propanoico) Reacción de oxidación completa.

Reacción iii): $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{OH}$ (propan-1-ol) + $\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{CH}_3) - (\text{CH}_2)_2 - \text{COOH}$ (ácido 4-metilpentanoico) $\rightarrow$ $\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{CH}_3) - (\text{CH}_2)_2 - \text{COO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ (4-metilpentanoato de propilo) + H_2O Reacción de esterificación.

Reacción iv): $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{OH}$ (propan-1-ol) + H_2SO_4 / calor $\rightarrow$ $\text{CH}_3 - \text{CH}=\text{CH}_2$ (propeno) + H_2O
 Reacción de eliminación o deshidratación.

Apartado b): Nomenclatura por familias

i) 2,2,3-trimetilbutanal, pertenece a los aldehídos. **ii)** 4,5-dimetilhept-2-ino, pertenece a los alquinos. **iii)** cis-5-metilhex-2-eno, pertenece a los alquenos.

Apartado c): Termoquímica de la combustión

Escribimos la ecuación ajustada con estados de agregación: $\text{C}_4\text{H}_{10}(g) + 13/2\text{O}_2(g) \rightarrow 4\text{CO}_2(g) + 5\text{H}_2\text{O}(l)$

Calculamos la entalpía de la reacción usando la Ley de Hess: $\Delta H_r^\circ = \sum n\Delta H_f^\circ(\text{prod}) - \sum m\Delta H_f^\circ(\text{reac})$
 $\Delta H_r^\circ = [4 \cdot (-393,5) + 5 \cdot (-285,8)] - [-125,7] \Delta H_r^\circ = -2877,3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

Hallamos los moles contenidos en 12,0 L con los gases ideales: $n = P \cdot V / (R \cdot T) = (1,00 \cdot 12,0) / (0,0820 \cdot 298)$
 $n = 0,491 \text{ mol}$

Por último, el calor liberado: $Q = -2877,3 \cdot 0,491 = -1413 \text{ kJ}$

Se desprenden 1413 kJ.

Enunciado de la Pregunta 4A

En la tabla se recogen los valores de K_p para el equilibrio $A(g) \rightleftharpoons 2B(g)$ a distintas temperaturas. Además, se sabe que a 789 K el compuesto A está disociado un 40%. Tabla. Valores de K_p a distintas temperaturas.

Temperatura (K)	K_p
727	1,860
789	0,956
830	0,130

- a) (0,5 puntos)** Razone cómo afecta a la presión parcial de A un aumento de la temperatura.
- b) (1 punto)** Calcule las fracciones molares de A y B en el equilibrio a 789 K.
- c) (0,5 puntos)** Calcule la presión total del sistema a 789 K.
- d) (0,5 puntos)** Justifique cómo afecta al equilibrio la adición de gas helio manteniendo el volumen y la temperatura constantes.

Estrategia de resolución: Relacionaremos cómo evoluciona la constante de la tabla con el incremento de la temperatura para deducir hacia dónde se desplaza el equilibrio. Montaremos la tabla de disociación en función del grado $\alpha = 0,40$ para sacar los moles totales y fracciones molares. Con la expresión de K_p que nos dan para esa temperatura, despejaremos la presión total. Por último, aplicaremos Le Châtelier evaluando la adición de un gas inerte a volumen constante.

Criterios de corrección habituales: En el apartado de Le Châtelier (d), el error más grave que podéis cometer es decir que el sistema se desplaza hacia reactivos porque aumenta la presión total. Ojo: al mantener el volumen constante, las presiones parciales de los reactivos y productos no se alteran en absoluto, por lo que el equilibrio no se rompe.

Solución Paso a Paso de la Pregunta 4A

Apartado a): Efecto térmico

Según la tabla, al aumentar la temperatura, la constante K_p disminuye drásticamente. Sabiendo que $K_p = \frac{[p(B)]^2}{p(A)}$, si la constante se hace más pequeña significa que el equilibrio se está desplazando hacia los reactivos. Por tanto, la cantidad y la presión parcial de A va a aumentar.

Apartado b): Fracciones molares a 789 K

Con un grado de disociación $\alpha = 0,40$, montamos el equilibrio: $A(g) \rightleftharpoons 2B(g)$ Moles iniciales: n_0 / 0 Moles equilibrio: $n_0 \cdot (1 - 0,40) = 0,60n_0$ / $2 \cdot n_0 \cdot 0,40 = 0,80n_0$

Moles totales (n_T): $0,60n_0 + 0,80n_0 = 1,40n_0$

Calculamos fracciones molares: $x_A = n_A/n_T = 0,60n_0/1,40n_0 = 0,43$

$$x_B = n_B/n_T = 0,80n_0/1,40n_0 = 0,57$$

Apartado c): Presión Total

Sabemos por los datos de la tabla que a 789 K la $K_p = 0,956$. Escribimos K_p usando fracciones molares y

$$P_T: K_p = (x_B \cdot P_T)^2 / (x_A \cdot P_T) \quad K_p = (x_B^2 / x_A) \cdot P_T \quad \text{Sustituimos y despejamos: } 0,956 = (0,57^2 / 0,43) \cdot P_T$$

$$P_T = 1,3 \text{ atm}$$

Apartado d): Adición de gas inerte

El gas helio es inerte (no reacciona). Al introducirlo manteniendo constante el volumen, las concentraciones y presiones parciales de los gases A y B no cambian en absoluto. En consecuencia, el equilibrio no se ve afectado.

Enunciado de la Pregunta 4B

El cromato de potasio reacciona con ácido clorhídrico produciendo cloruro de cromo(III), cloruro de potasio, agua y cloro.

- a) (1 punto)** Escriba las semirreacciones de oxidación y reducción ajustadas por el método de ion electrón, la reacción iónica y la molecular.
- b) (0,5 puntos)** Se sabe que el cromato de potasio comercial tiene una riqueza del 70,0% en masa. Calcule la masa de cromato de potasio comercial necesaria para obtener 60,0 g de cloruro de cromo(III).
- c) (0,5 puntos)** El ácido clorhídrico empleado en el proceso tiene una concentración de $1,25 \times 10^{-2}$ M. Calcule su pH.
- d) (0,5 puntos)** Calcule la concentración que debe tener una disolución de ácido acético (ácido etanoico) para que tenga el mismo pH que la disolución de ácido clorhídrico del apartado c). *Datos.* K_a (ácido acético) = $1,8E-5$. Masas atómicas (u): $O = 16,0$; $Cl = 35,5$; $K = 39,1$; $Cr = 52,0$.

Estrategia de resolución: Analizaremos el enunciado para identificar que estamos ante un ajuste redox en medio ácido (por el ácido clorhídrico). Pasaremos los gramos de producto a moles y usaremos la estequiometría de la reacción global y el porcentaje de riqueza para hallar la masa comercial necesaria. Al ser el HCl un ácido fuerte, la concentración de protones es directa. Con ese dato de concentración, plantearemos el equilibrio dissociativo del ácido débil (acético) para hallar su concentración inicial.

Criterios de corrección habituales: En el problema de riqueza, mucho ojo al multiplicar/dividir. Si necesitamos extraer una cantidad “pura” del frasco comercial, vamos a necesitar extraer un mayor peso de este, por lo que multiplicaremos por $(100 / \text{Riqueza})$. Si lo hacéis al revés, el resultado carecerá de lógica física.

Solución Paso a Paso de la Pregunta 4B

Apartado a): Ajuste Redox

Estamos en medio ácido debido al HCl.

Semirreacción de Reducción: $(\text{CrO}_4^{2-} + 8\text{H}^+ + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Cr}^{3+} + 4\text{H}_2\text{O}) \times 2$

Semirreacción de Oxidación: $(2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-) \times 3$

Ecuación Iónica Global: $2\text{CrO}_4^{2-} + 16\text{H}^+ + 6\text{Cl}^- \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 8\text{H}_2\text{O} + 3\text{Cl}_2$

Ecuación Molecular: $2\text{K}_2\text{CrO}_4 + 16\text{HCl} \rightarrow 2\text{CrCl}_3 + 8\text{H}_2\text{O} + 3\text{Cl}_2 + 4\text{KCl}$

Apartado b): Estequiometría con riqueza

Moles que deseamos obtener del cloruro de cromo(III) (Masa molar 158,5 g/mol): $n = 60,0/158,5 = 0,379 \text{ mol}$

Por estequiometría, la relación es 2:2, así que necesitamos 0,379 mol puros de cromato de potasio. Pasamos esto a masa sabiendo que su masa molar es 194,2 g/mol: Masa pura = $0,379 \cdot 194,2 = 73,6 \text{ g}$

Para obtener esos gramos puros de un tarro que está al 70%: Masa comercial = $73,6 \cdot (100/70,0) = 105 \text{ g}$

Apartado c): pH del ácido fuerte

El ácido clorhídrico es fuerte, disociándose totalmente: $\text{HCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cl}^- + \text{H}_3\text{O}^+$ Por tanto: $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{HCl}] = 1,25 \times 10^{-2} \text{ M}$ $\text{pH} = -\log(1,25 \times 10^{-2}) = 1,90$

Apartado d): pH del ácido débil

Nos piden buscar la concentración inicial (c) de un ácido débil (el ácido acético) para lograr ese mismo pH, es decir, que al disociarse deje una cantidad de protones de $[\text{H}_3\text{O}^+] = x = 1,25 \times 10^{-2} \text{ M}$.

Planteamos el equilibrio del ácido débil (HA): $\text{HA} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{A}^- + \text{H}_3\text{O}^+$ Inicio: c_0 Equilibrio: $c - x / x / x$

Sustituimos los datos en la expresión de la K_a : $1,8 \times 10^{-5} = (1,25 \times 10^{-2})^2 / (c - 1,25 \times 10^{-2})$

Despejando c , la concentración inicial buscada es: $c = 8,7 \text{ M}$

Mi consejo: Fijaos en este último apartado, es precioso para que entendáis visualmente la disociación. Para conseguir la misma acidez ($\text{pH} = 1,90$), hemos necesitado usar poquísima cantidad del ácido fuerte (0,0125 M) en contraposición a una cantidad enorme del débil (8,7 M).