

Indicaciones de resolución

Se resuelven las dos opciones completas. Se plantean las ecuaciones químicas y las expresiones de las magnitudes antes de sustituir los datos, indicando siempre el criterio empleado y la conclusión del apartado.

Opción A

Cuestión 1. Formulación y nomenclatura

a) Hidróxido de calcio



b) Ácido fosfórico



c) 1,2-dimetilbenceno

Los dos grupos metilo ocupan posiciones contiguas del anillo:



d) Br_2O_3

El oxígeno aporta -6 , por lo que cada bromo tiene número de oxidación $+3$:



e) $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$

El anión sulfato es SO_4^{2-} . Tres sulfatos aportan -6 , de modo que cada hierro es Fe^{3+} :



f) $\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{CH}_3$

La función cetona está en el carbono 2:



Cuestión 2. Energías de ionización de Li, Na y K

La energía de ionización es la energía necesaria para arrancar un electrón de un átomo gaseoso. En los tres elementos se extrae inicialmente un electrón ns^1 .

a) Disminución de la primera energía de ionización

Al bajar de Li a Na y K aumenta el número de capas electrónicas. El electrón de valencia queda más alejado del núcleo y aumenta el apantallamiento. Por tanto disminuye la atracción nuclear efectiva sobre ese electrón:

$$E_{\text{ion},1}(\text{Li}) > E_{\text{ion},1}(\text{Na}) > E_{\text{ion},1}(\text{K}).$$

b) Gran salto entre la primera y la segunda ionización

Después de la primera ionización, cada átomo alcalino queda con configuración de gas noble:



La segunda ionización debe arrancar un electrón de una capa interna, mucho más próxima al núcleo y menos apantallada que el electrón ns^1 original. Por eso

$$E_{\text{ion},2} \gg E_{\text{ion},1}.$$

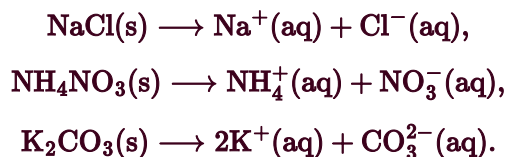
c) Ausencia de la cuarta energía de ionización del litio

El litio neutro solo tiene tres electrones. Tras arrancar los tres, se alcanza el núcleo desnudo; no existe un cuarto electrón que ionizar:



Cuestión 3. Disolución e hidrólisis de sales

a) Ecuaciones de disolución

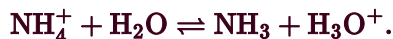


b) Carácter de las disoluciones

En NaCl, Na^+ es el ácido conjugado de la base fuerte NaOH y Cl^- la base conjugada del ácido fuerte HCl . No hidrolizan apreciablemente:

NaCl : disolución neutra.

El ion amonio sí hidroliza porque es el ácido conjugado de la base débil amoníaco:



El nitrato es espectador. Al aumentar $[\text{H}_3\text{O}^+]$,

NH_4NO_3 : disolución ácida.

En el carbonato, el ion CO_3^{2-} es la base conjugada del ácido débil HCO_3^- y produce hidróxido:



El potasio no hidroliza apreciablemente:

K_2CO_3 : disolución básica.

Cuestión 4. Cantidades de sustancia

a) Átomos de carbono en la sacarosa

Cada molécula de sacarosa contiene 12 átomos de carbono. Por factores de conversión:

$$1,5 \text{ mol C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} \frac{12 \text{ mol átomos C}}{1 \text{ mol sacarosa}} = 18 \text{ mol átomos C}.$$

18 mol de átomos de C.

b) Masa de $2,6 \cdot 10^{20}$ moléculas de NO_2

La masa molar es $M(\text{NO}_2) = 14 + 2(16) = 46 \text{ g mol}^{-1}$. Por tanto,

$$m = 2,6 \cdot 10^{20} \text{ moléculas} \frac{1 \text{ mol}}{6,023 \cdot 10^{23} \text{ moléculas}} \frac{46 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = 1,986 \cdot 10^{-2} \text{ g}.$$

Pasando a kilogramos:

$$m = 1,99 \cdot 10^{-5} \text{ kg de NO}_2.$$

c) Átomos de nitrógeno en 0,76 g de NH_4NO_3

$$M(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 2(14) + 4(1) + 3(16) = 80 \text{ g mol}^{-1}.$$

Los moles de sal son

$$n = \frac{0,76 \text{ g}}{80 \text{ g mol}^{-1}} = 9,50 \cdot 10^{-3} \text{ mol}.$$

Cada unidad fórmula contiene dos átomos de N:

$$N_N = 9,50 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \frac{6,023 \cdot 10^{23} \text{ unidades}}{\text{mol}} \frac{2 \text{ átomos N}}{\text{unidad}} = 1,14 \cdot 10^{22} \text{ átomos N}.$$

$$N_N \approx 1,14 \cdot 10^{22} \text{ átomos de N}.$$

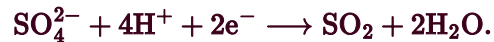
Problema 1. Reacción del ácido sulfúrico con bromuro de potasio

a) Ajuste por el método del ion-electrón

El bromuro se oxida a bromo molecular:



El azufre del sulfato pasa de +6 a +4 en SO_2 :



Al sumar las semiecuaciones:



La ecuación molecular ajustada es



b) Volumen de bromo líquido

La masa molar del bromuro de potasio es

$$M(\text{KBr}) = 39 + 80 = 119 \text{ g mol}^{-1}.$$

Los moles tratados son

$$n(\text{KBr}) = \frac{90,1 \text{ g}}{119 \text{ g mol}^{-1}} = 0,7571 \text{ mol}.$$

Según la ecuación, dos moles de KBr producen un mol de Br_2 :

$$n(\text{Br}_2) = \frac{0,7571}{2} = 0,3786 \text{ mol}.$$

La masa de bromo es

$$m(\text{Br}_2) = (0,3786)(160) = 60,57 \text{ g}.$$

Con $\rho = 2,92 \text{ g mL}^{-1}$:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{60,57 \text{ g}}{2,92 \text{ g mL}^{-1}} = 20,74 \text{ mL}.$$

$$\boxed{V(\text{Br}_2) \approx 20,74 \text{ mL}}.$$

Problema 2. Combustión del octano

La combustión ajustada es



a) Entalpía estándar de combustión

Aplicando la ley de Hess,

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

Como $\Delta H_f^\circ(\text{O}_2) = 0$,

$$\begin{aligned} \Delta H_c^\circ &= 8(-393,5) + 9(-241,8) - (-250,0) \\ &= \boxed{-5074,2 \text{ kJ mol}^{-1}}. \end{aligned}$$

b) Energía por kilómetro

El consumo es

$$\frac{5 \text{ L}}{100 \text{ km}} = 0,050 \text{ L km}^{-1}.$$

Con la densidad, la masa consumida por kilómetro vale

$$m = (0,050 \text{ L km}^{-1})(0,8 \text{ kg L}^{-1}) = 0,040 \text{ kg km}^{-1} = 40 \text{ g km}^{-1}.$$

La masa molar del octano es $M = 8(12) + 18(1) = 114 \text{ g mol}^{-1}$. La energía liberada por kilómetro es

$$Q = 40 \text{ g km}^{-1} \frac{1 \text{ mol}}{114 \text{ g}} \frac{5074,2 \text{ kJ}}{1 \text{ mol}} = 1780,4 \text{ kJ km}^{-1}.$$

$$Q \approx 1780,42 \text{ kJ km}^{-1}.$$

Opción B

Cuestión 1. Formulación y nomenclatura

a) Monóxido de carbono



b) Nitrito de cobre(II)



c) Etilmetil éter



d) LiOH



e) MnS



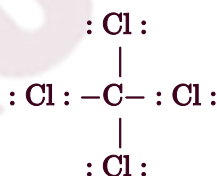
f) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$



Cuestión 2. Estructura y propiedades del tetracloruro de carbono

a) Estructura de Lewis

El carbono aporta cuatro electrones de valencia y cada cloro siete. El carbono central forma cuatro enlaces sencillos con los cuatro cloros. Cada átomo de cloro conserva tres pares libres y el carbono no tiene pares libres:



La disposición de cuatro regiones enlazantes es tetraédrica.

b) Polaridad global

Cada enlace C-Cl está polarizado hacia el cloro, pero los cuatro dipolos tienen igual módulo y apuntan hacia los vértices de un tetraedro. Por simetría, la suma vectorial es nula:

CCl_4 es una molécula apolar aunque sus enlaces sean polares.

c) Estado físico de CCl_4 y Cl_4

Ambas moléculas son apolares y sus fuerzas intermoleculares principales son las de dispersión de London. El yodo tiene más electrones y una nube electrónica más polarizable que el cloro, por lo que Cl_4 presenta fuerzas de dispersión más intensas y mayor temperatura de fusión:

CCl_4 es líquido y Cl_4 es sólido a temperatura ambiente.

Cuestión 3. Cinética de la reacción entre NO y H_2

La ley de velocidad es

$$v = k[\text{NO}]^2[\text{H}_2].$$

a) Orden respecto de cada reactivo

Los exponentes de la ley de velocidad son los órdenes parciales:

$$\boxed{\text{orden respecto de NO} = 2}, \boxed{\text{orden respecto de H}_2 = 1}.$$

b) Orden total

$$\boxed{n_{\text{total}} = 2 + 1 = 3}.$$

c) Unidades de k

La velocidad tiene unidades $\text{mol L}^{-1} \text{s}^{-1}$:

$$k = \frac{v}{[\text{NO}]^2[\text{H}_2]} = \frac{\text{mol L}^{-1} \text{s}^{-1}}{(\text{mol L}^{-1})^3}.$$

Por tanto,

$$\boxed{[k] = \text{L}^2 \text{mol}^{-2} \text{s}^{-1}}.$$

Cuestión 4. Enlaces de hidrógeno, adición e isomería geométrica

a) Enlaces de hidrógeno

El metanol contiene un enlace O-H y el oxígeno es pequeño y electronegativo. Puede formar puentes de hidrógeno:



b) Reacciones de adición

Los alquenos contienen un enlace C=C que puede abrirse para incorporar otros átomos o grupos:



c) Isomería geométrica

El 2-buteno presenta isomería cis-trans porque cada carbono del doble enlace está unido a H y a CH_3 . El propeno no la presenta porque uno de sus carbonos del doble enlace tiene dos H:

$\boxed{\text{presenta isomería geométrica el 2-buteno.}}$

Problema 1. Disolución de codeína

La codeína es una base débil:



a) pH de una disolución 0,02 M

Si $x = [\text{OH}^-]$,

$$K_b = \frac{x^2}{0,020 - x}.$$

Como $x \ll 0,020$,

$$x \approx \sqrt{K_b c_0} = \sqrt{(9 \cdot 10^{-7})(0,020)} = 1,34 \cdot 10^{-4} \text{ M}.$$

Así,

$$\text{pOH} = -\log(1,34 \cdot 10^{-4}) = 3,874, \quad \text{pH} = 14 - 3,874 = 10,126.$$

$$\boxed{\text{pH} \approx 10,13}.$$

b) Constante del ácido conjugado

Para un par conjugado a 25 °C se cumple $K_a K_b = K_w = 1,0 \cdot 10^{-14}$:

$$K_a = \frac{K_w}{K_b} = \frac{1,0 \cdot 10^{-14}}{9 \cdot 10^{-7}} = 1,11 \cdot 10^{-8}.$$

$$\boxed{K_a \approx 1,1 \cdot 10^{-8}}.$$

Problema 2. Disociación del tetróxido de dinitrógeno



a) K_p y K_c a 30 °C y 1 atm

Partimos de n_0 moles de N_2O_4 y $\alpha = 0,20$. En el equilibrio:

	N_2O_4	NO_2
Moles iniciales	n_0	0
Variación	$-0,20n_0$	$+0,40n_0$
Moles de equilibrio	$0,80n_0$	$0,40n_0$

Los moles totales son $1,20n_0$, de modo que

$$y_{\text{N}_2\text{O}_4} = \frac{0,80}{1,20} = \frac{2}{3}, \quad y_{\text{NO}_2} = \frac{0,40}{1,20} = \frac{1}{3}.$$

Con $P_{\text{total}} = 1 \text{ atm}$,

$$P_{\text{N}_2\text{O}_4} = \frac{2}{3} \text{ atm}, \quad P_{\text{NO}_2} = \frac{1}{3} \text{ atm}.$$

La constante de presión es

$$K_p = \frac{P_{\text{NO}_2}^2}{P_{\text{N}_2\text{O}_4}} = \frac{(1/3)^2}{2/3} = 0,1667.$$

Como $\Delta n = 1$,

$$K_p = K_c RT, \quad K_c = \frac{K_p}{RT} = \frac{0,1667}{(0,082)(303,15)} = 6,70 \cdot 10^{-3}.$$

$$\boxed{K_p \approx 0,167}, \quad \boxed{K_c \approx 6,70 \cdot 10^{-3}}.$$

b) Grado de disociación a 30 °C y 0,1 atm

Para un grado de disociación α , las fracciones molares son

$$y_{\text{N}_2\text{O}_4} = \frac{1-\alpha}{1+\alpha}, \quad y_{\text{NO}_2} = \frac{2\alpha}{1+\alpha}.$$

La expresión de K_p queda

$$K_p = P \frac{y_{\text{NO}_2}^2}{y_{\text{N}_2\text{O}_4}} = P \frac{4\alpha^2}{1-\alpha^2}.$$

Con $K_p = 0,1667$ y $P = 0,1 \text{ atm}$:

$$0,1667 = 0,1 \frac{4\alpha^2}{1-\alpha^2} \Rightarrow \alpha = \sqrt{\frac{0,1667}{0,1667 + 0,4}} = 0,5423.$$

Por tanto,

$$\boxed{\alpha \approx 54,23 \%}.$$