

Indicaciones de resolución

Se resuelven las dos opciones completas. En cada apartado se identifica primero el principio químico, se escribe la ecuación o relación necesaria y después se sustituyen los datos con unidades.

Opción A

Cuestión 1. Formulación y nomenclatura

a) Hidróxido de estaño (IV)



b) Perclorato de sodio



c) Propino



d) K₂O₂

peróxido de potasio.

e) (NH₄)₂S

sulfuro de amonio.

f) CH₃COOCH₃

etanoato de metilo (acetato de metilo).

Cuestión 2. Configuración electrónica y periodicidad

a) Electrones de mayor energía 3s²

La configuración externa termina en 3s². El mayor número cuántico principal es $n = 3$, por lo que el elemento pertenece al período 3. La configuración ns² identifica el grupo 2 y el estado de oxidación más probable es +2, al perder los dos electrones externos:

período 3, grupo 2 y estado de oxidación +2 (magnesio).

b) Configuración 4s²4p⁵

Se interpreta como 4s²4p⁵. La capa de valencia está casi completa y corresponde a un halógeno del período 4. Los halógenos son no metales y tienden a ganar un electrón:

Es un no metal.

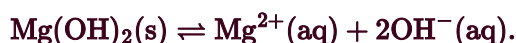
c) Energía de ionización de los halógenos

Al descender en el grupo aumenta el número de capas electrónicas. El electrón externo queda más alejado del núcleo y más apantallado por los electrones internos, de modo que la atracción nuclear efectiva disminuye. Es necesario aportar menos energía para arrancarlo:

La energía de ionización disminuye al aumentar el número atómico.

Cuestión 3. Solubilidad del hidróxido de magnesio

El equilibrio de solubilidad es



a) Relación entre K_{ps} y S

Si S es la solubilidad molar, entonces $[\text{Mg}^{2+}] = S$ y $[\text{OH}^{-}] = 2S$. Por tanto,

$$K_{ps} = [\text{Mg}^{2+}][\text{OH}^{-}]^2 = S(2S)^2 = 4S^3.$$

Despejando,

$$S = \left(\frac{K_{ps}}{4} \right)^{1/3} = \left(\frac{3,4 \cdot 10^{-11}}{4} \right)^{1/3} \approx 2,04 \cdot 10^{-4} \text{ M.}$$

$$K_{ps} = 4S^3, S \approx 2,04 \cdot 10^{-4} \text{ M.}$$

b) Disolución mediante un procedimiento químico

Se puede añadir un ácido fuerte. Sus protones reaccionan con los iones hidróxido:



Al disminuir $[\text{OH}^-]$, el equilibrio de solubilidad se desplaza hacia la derecha para reponerlo y se disuelve más precipitado. También sería posible usar una sal de amonio, porque NH_4^+ consume OH^- formando amoníaco y agua:

Añadir ácido es un procedimiento eficaz para disolver el precipitado.

c) Adición de MgCl_2

El cloruro de magnesio se disocia y aporta Mg^{2+} , un ion común al equilibrio. Al aumentar su concentración, el equilibrio se desplaza hacia la izquierda y precipita más hidróxido:

La solubilidad de $\text{Mg}(\text{OH})_2$ disminuye.

Problema 4. Dióxido de carbono en condiciones normales

Tomamos el volumen molar en condiciones normales, $V_m = 22,4 \text{ L mol}^{-1}$, y la constante de Avogadro $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

a) Número de moles

$$n(\text{CO}_2) = 1 \text{ L} \left(\frac{1 \text{ mol}}{22,4 \text{ L}} \right) = 0,0446 \text{ mol.}$$

$$n = 0,0446 \text{ mol.}$$

b) Número de moléculas

$$N = 0,0446 \text{ mol} \left(\frac{6,022 \cdot 10^{23} \text{ moléculas}}{1 \text{ mol}} \right) = 2,69 \cdot 10^{22} \text{ moléculas.}$$

$$N = 2,69 \cdot 10^{22} \text{ moléculas de CO}_2.$$

c) Masa de una molécula

La masa molar del dióxido de carbono es

$$M(\text{CO}_2) = 12 + 2(16) = 44 \text{ g mol}^{-1}.$$

Dividimos la masa de una mol entre el número de moléculas que contiene:

$$m_{\text{molécula}} = \frac{44 \text{ g}}{6,022 \cdot 10^{23}} = 7,31 \cdot 10^{-23} \text{ g.}$$

$$m_{\text{molécula}} \approx 7,3 \cdot 10^{-23} \text{ g.}$$

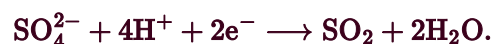
Problema 5. Oxidación del bromuro por ácido sulfúrico

a) Ajuste por el método del ion-electrón

El bromuro se oxida a bromo:



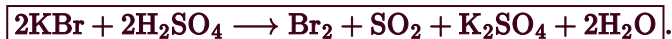
El azufre del sulfato se reduce de $+6$ a $+4$ en el dióxido de azufre:



Al sumar las semirreacciones:



La ecuación molecular ajustada es



b) Masa de bromo producida

La masa molar del bromuro de potasio es

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

Los moles de KBr son

$$n(\text{KBr}) = \frac{50 \text{ g}}{119 \text{ g mol}^{-1}} = 0,4202 \text{ mol}.$$

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

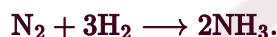
$$n(\text{Br}_2) = 0,4202 \left(\frac{1 \text{ mol Br}_2}{2 \text{ mol KBr}} \right) = 0,2101 \text{ mol}.$$

$$m(\text{Br}_2) = (0,2101)(160) = 33,61 \text{ g}.$$

$$m(\text{Br}_2) = 33,61 \text{ g}.$$

Problema 6. Entalpía y energía interna de formación del amoníaco

La reacción de formación de dos moles de amoníaco es



a) Entalpía de formación

Se rompen un enlace triple $\text{N}\equiv\text{N}$ y tres enlaces $\text{H}-\text{H}$:

$$E_{\text{rotos}} = 945 + 3(436) = 2253 \text{ kJ}.$$

Se forman seis enlaces $\text{N}-\text{H}$:

$$E_{\text{formados}} = 6(389) = 2334 \text{ kJ}.$$

La variación de entalpía para la reacción escrita es

$$\Delta H = E_{\text{rotos}} - E_{\text{formados}} = 2253 - 2334 = -81,0 \text{ kJ}.$$

Como se forman dos moles de amoníaco,

$$\Delta H_f^\circ(\text{NH}_3) = \frac{-81,0}{2} = -40,5 \text{ kJ mol}^{-1}.$$

b) Variación de energía interna

Para gases ideales,

$$\Delta H = \Delta U + \Delta n_g RT.$$

En la reacción, $\Delta n_g = 2 - 4 = -2$. A 25°C , $T = 298 \text{ K}$:

$$\Delta U = \Delta H - \Delta n_g RT = -81,0 - (-2)(8,31)(298) \cdot 10^{-3} = -76,05 \text{ kJ}.$$

$$\Delta U = -76,05 \text{ kJ}.$$

Este valor corresponde a la reacción que forma 2 mol de NH_3 .

Opción B

Cuestión 1. Formulación y nomenclatura

a) Hidruro de magnesio



b) Ácido nítrico



c) 1,2-dimetilbenceno



d) Na_2CrO_4

cromato de sodio.

e) CsCl

cloruro de cesio.

f) HOCH_2CHO

Es un aldehído de dos carbonos con un grupo hidroxilo en el carbono 2:

2-hidroxietanal (glicolaldehído).

Cuestión 2. Estructuras de Lewis

a) Moléculas con todos los enlaces simples

En el flúor molecular cada átomo comparte un par de electrones y conserva tres pares libres:



En el amoníaco el nitrógeno forma tres enlaces sencillos N-H y conserva un par libre:



F_2 y NH_3 .

b) Moléculas con algún enlace doble

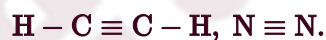
El carbono de CS_2 forma dos dobles enlaces, y el eteno contiene un doble enlace $\text{C}=\text{C}$:



CS_2 y C_2H_4 .

c) Moléculas con algún enlace triple

En el acetileno hay un triple enlace $\text{C}\equiv\text{C}$ y el nitrógeno molecular presenta $\text{N}\equiv\text{N}$:

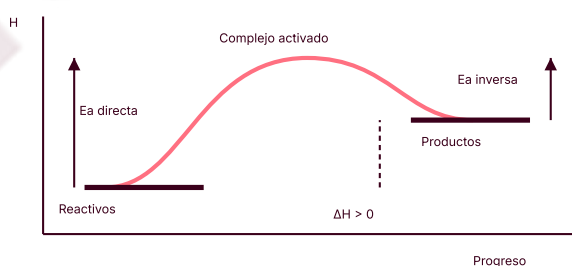


C_2H_2 y N_2 .

Cuestión 3. Diagrama entálpico de una reacción endotérmica

En una reacción endotérmica los productos quedan a mayor entalpía que los reactivos, de modo que $\Delta H > 0$. El máximo representa el complejo activado:

Esquema propio de una reacción endotérmica.



a) Diagrama

El diagrama anterior muestra reactivos y productos, el complejo activado y el incremento de entalpía ΔH .

b) Energías de activación

La energía de activación directa se mide desde los reactivos hasta el complejo activado. La inversa se mide desde los productos hasta ese mismo máximo. Como los productos están por encima de los reactivos en una reacción endotérmica,

$E_{a, \text{directa}} > E_{a, \text{inversa}}.$

c) Efecto de un catalizador

Un catalizador proporciona un mecanismo alternativo con un complejo activado de menor entalpía. Disminuyen tanto la energía de activación directa como la inversa, pero no cambian las entalpías de reactivos y productos ni el valor de ΔH :

El perfil tendría un máximo más bajo, pero ΔH permanecería igual.

Cuestión 4. Hidratación y adición de HBr

Comparamos propeno, $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$, y but-2-eno, $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_3$.

a) Producto con isomería óptica tras hidratar

La hidratación ácida del but-2-eno produce butan-2-ol:



El carbono que porta el grupo OH está unido a H, OH, CH₃ y CH₂CH₃, cuatro grupos distintos. Es quiral:

El compuesto adecuado es el but-2-eno.

b) Combustión de 2 moles que produce 6 moles de CO₂

Cada mol de propene contiene tres carbonos, por lo que su combustión produce tres moles de CO₂ por mol de hidrocarburo:



El compuesto adecuado es el propeno.

c) Adición de HBr sin isomería óptica

El propeno da 2-bromopropano según la adición de Markovnikov:

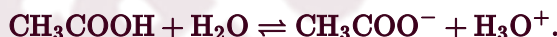


El carbono unido al bromo tiene dos grupos metilo iguales, por lo que no es quiral:

El compuesto adecuado es el propeno.

Problema 5. Ácido acético y ácido clorhídrico

El equilibrio del ácido acético es



Como el pH es 3,

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-3} \text{ M}.$$

a) Concentración inicial de ácido acético

Si $x = 10^{-3} \text{ M}$ es la concentración disociada y C_0 la concentración inicial,

$$K_a = \frac{x^2}{C_0 - x}.$$

Despejamos C_0 :

$$C_0 = x + \frac{x^2}{K_a} = 10^{-3} + \frac{(10^{-3})^2}{1,8 \cdot 10^{-5}} = 0,0566 \text{ M}.$$

$$C_0 = 0,0566 \text{ M}.$$

b) Volumen de HCl 0,1 M

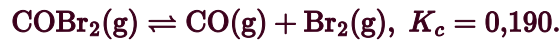
El HCl es un ácido fuerte. Para que 100 mL tengan pH 3 se necesitan

$$n(\text{HCl}) = (10^{-3} \text{ mol L}^{-1})(0,100 \text{ L}) = 1,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol}.$$

El volumen de disolución 0,1 M es

$$V = \frac{n}{M} = \frac{1,0 \cdot 10^{-4}}{0,1} = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ L} = \boxed{1,0 \text{ mL}}.$$

Problema 6. Equilibrio de disociación del COBr_2



a) Primer equilibrio

La concentración inicial de COBr_2 es

$$[\text{COBr}_2]_0 = \frac{5 \text{ mol}}{4 \text{ L}} = 1,25 \text{ M}.$$

Sea x la concentración que se disocia:

	COBr_2	CO	Br_2
Inicial	1,25	0	0
Variación	$-x$	$+x$	$+x$
Equilibrio	$1,25 - x$	x	x

$$K_c = \frac{x^2}{1,25 - x} = 0,190.$$

La ecuación es

$$x^2 + 0,190x - 0,2375 = 0,$$

cuya raíz positiva es $x = 0,4015 \text{ M}$. Así,

$$[\text{COBr}_2] = 0,8485 \text{ M}, [\text{CO}] = [\text{Br}_2] = 0,4015 \text{ M}.$$

El grado de disociación es

$$\alpha = \frac{x}{1,25} = 0,321 \approx 32,1 \, \%.$$

$$\alpha \approx 32,1 \, \%.$$

b) Adición de 4 moles de CO

Al añadir 4 moles de CO a 4 L se incrementa su concentración en

$$\frac{4 \text{ mol}}{4 \text{ L}} = 1,00 \text{ M}.$$

Antes del nuevo desplazamiento, las concentraciones son $0,8485 \text{ M}$ de COBr_2 , $1,4015 \text{ M}$ de CO y $0,4015 \text{ M}$ de Br_2 . El sistema se desplaza hacia la izquierda. Si se forman y moles por litro de COBr_2 :

	COBr_2	CO	Br_2
Antes	0,8485	1,4015	0,4015
Variación	$+y$	$-y$	$-y$
Nuevo equilibrio	$0,8485 + y$	$1,4015 - y$	$0,4015 - y$

Imponemos de nuevo la constante:

$$0,190 = \frac{(1,4015 - y)(0,4015 - y)}{0,8485 + y}.$$

La raíz físicamente válida es $y = 0,2274 \text{ M}$. Por tanto,

$$[\text{COBr}_2] = 1,0759 \text{ M},$$

$$[\text{CO}] = 1,1741 \text{ M}, [\text{Br}_2] = 0,1741 \text{ M}.$$