

Indicaciones de resolución

Se resuelven las dos opciones completas. Se escribe la relación química antes de sustituir datos, se justifican las decisiones y se termina cada apartado con una conclusión explícita.

Opción A

Cuestión 1. Formulación y nomenclatura

a) Sulfito de aluminio

El catión aluminio es Al^{3+} y el anión sulfito es SO_3^{2-} . Igualando cargas:



b) Hidróxido de berilio



El berilio aporta +2 y se necesitan dos iones hidróxido.

c) 1-butino



d) WO_3

El oxígeno suma -6, de modo que el wolframio está en +6:



e) NH_4F



f) $\text{CH}_2=\text{CHCH}(\text{CH}_3)\text{CH}_3$

La cadena principal de cuatro carbonos contiene el doble enlace en el carbono 1 y un metilo en el carbono 3:



Cuestión 2. Configuración electrónica y periodicidad

a) Configuraciones y electrones desapareados

Los elementos tienen los números atómicos 2, 11, 17 y 25:

elemento	configuración electrónica	electrones desapareados
A ($Z = 2$)	$1s^2$	0
B ($Z = 11$)	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$	1
C ($Z = 17$)	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$	1
D ($Z = 25$)	$[\text{Ar}] 3d^5 4s^2$	5

El subnivel $3d^5$ de D tiene cinco orbitales ocupados individualmente, de ahí sus cinco electrones desapareados.

b) Elemento de mayor radio

El radio atómico aumenta al bajar en un grupo y al desplazarse hacia la izquierda en un período. El sodio, B, posee tres capas electrónicas y queda por debajo y a la izquierda de los elementos más pequeños de la lista:



c) Energía de ionización entre B y C

B es sodio y C es cloro, ambos del tercer período. La carga nuclear efectiva aumenta hacia la derecha y el radio disminuye, por lo que cuesta más arrancar un electrón al cloro:



Cuestión 3. pH de una base fuerte

El hidróxido de sodio se disocia completamente:



a) 100 mL de NaOH 0,01 M

$$[\text{OH}^-] = 0,01 = 10^{-2} \text{ M}, \text{ pOH} = 2.$$

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - 2 = \boxed{12}.$$

b) Dilución hasta 1,00 L

Los moles de NaOH no cambian al añadir agua:

$$n = CV = (0,010)(0,100) = 1,00 \cdot 10^{-3} \text{ mol}.$$

La nueva concentración es

$$[\text{OH}^-] = \frac{1,00 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 1,00 \cdot 10^{-3} \text{ M}.$$

$$\text{pOH} = 3, \text{ pH} = 14 - 3 = \boxed{11}.$$

Cuestión 4. Un mol de agua

a) Volumen de 22,4 L

La relación $V_m = 22,4 \text{ L mol}^{-1}$ corresponde aproximadamente a un mol de gas en condiciones normales. El agua se encuentra en estado líquido:

Falsa.

b) Número de moléculas

Un mol contiene el número de Avogadro de entidades:

$$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}.$$

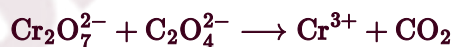
Verdadera: contiene aproximadamente $6,02 \cdot 10^{23}$ moléculas.

c) Número de átomos de oxígeno

Cada molécula de H_2O contiene dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. Por tanto, en un mol de agua hay el doble de átomos de hidrógeno que de oxígeno:

Falsa.

Problema 1. Reacción redox del dicromato con oxalato



a) Ajuste por el método del ion-electrón

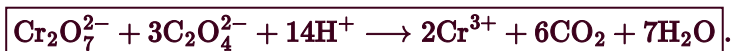
El cromo se reduce de +6 a +3:



El carbono del oxalato se oxida:



Multiplicando la oxidación por tres y sumando:



b) Volumen de dióxido de carbono

Los moles de dicromato utilizados son

$$n(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) = CV = (0,0200 \text{ mol L}^{-1})(0,0258 \text{ L}) = 5,16 \cdot 10^{-4} \text{ mol}.$$

La ecuación ajustada produce seis moles de CO_2 por cada mol de dicromato:

$$n(\text{CO}_2) = 6(5,16 \cdot 10^{-4}) = 3,096 \cdot 10^{-3} \text{ mol.}$$

La presión y la temperatura son

$$P = \frac{700}{760} = 0,9211 \text{ atm, } T = 30 + 273,15 = 303,15 \text{ K.}$$

Aplicando la ecuación de los gases ideales:

$$V = \frac{nRT}{P} = \frac{(3,096 \cdot 10^{-3})(0,082)(303,15)}{0,9211} = \boxed{8,36 \cdot 10^{-2} \text{ L.}}$$

El volumen obtenido es aproximadamente $\boxed{83,6 \text{ mL}}$.

Problema 2. Combustión del pentaborano



a) Entalpía estándar de reacción

Se aplica

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

El oxígeno elemental tiene entalpía de formación cero:

$$\Delta H_r^\circ = 5(-1263) + 9(-285,8) - 2(73,2) = \boxed{-9033,6 \text{ kJ}}$$

para la reacción tal como está escrita, que consume dos moles de B_5H_9 .

b) Calor desprendido por 1 g

La masa molar del pentaborano es

$$M(\text{B}_5\text{H}_9) = 5(11) + 9(1) = 64 \text{ g mol}^{-1}.$$

Los moles quemados son

$$n = \frac{1}{64} = 1,5625 \cdot 10^{-2} \text{ mol.}$$

Como $-9033,6 \text{ kJ}$ corresponden a dos moles:

$$Q = n \frac{\Delta H_r^\circ}{2} = (1,5625 \cdot 10^{-2}) \frac{-9033,6}{2} = \boxed{-70,6 \text{ kJ}}.$$

El signo negativo indica que se desprenden aproximadamente $70,6 \text{ kJ}$.

Opción B

Cuestión 1. Formulación y nomenclatura

a) Ácido hipocloroso



b) Fosfato de plata

El catión plata es Ag^+ y el anión fosfato es PO_4^{3-} :



c) 2-pentanol



d) PbO_2

El plomo está en estado de oxidación $+4$:



e) NaI

yoduro de sodio.

f) HOOCCH₂COOH

ácido propanodioico o ácido malónico.

Cuestión 2. Moléculas BF₃ y PF₃

a) Polaridad de los enlaces

El flúor es más electronegativo que el boro y que el fósforo. Por ello, los enlaces B-F y P-F tienen separación de cargas:

los enlaces B-F y P-F son polares.

b) Geometría molecular

En BF₃, el boro central tiene tres pares enlazantes y ningún par libre. La RPECV predice geometría trigonal plana e hibridación sp².

En PF₃, el fósforo tiene tres pares enlazantes y un par libre. La distribución de pares es tetraédrica y la geometría molecular es piramidal trigonal, con hibridación aproximada sp³:

BF₃ : trigonal plana, sp², PF₃ : piramidal trigonal, sp³.

c) Polaridad de las moléculas

En BF₃, los tres dipolos B-F son iguales y están separados 120°; su suma vectorial es cero. En PF₃, la forma piramidal impide la compensación completa:

BF₃ es apolar y PF₃ es polar.

Cuestión 3. Ley de velocidad

La reacción es de primer orden respecto de A y de primer orden respecto de B. Por tanto:

$$v = k[A][B].$$

El orden total es la suma de los órdenes parciales:

$$1 + 1 = 2.$$

Si la velocidad se expresa en mol L⁻¹ s⁻¹, las unidades de *k* son

$$k = \frac{v}{[A][B]} = \frac{\text{mol L}^{-1} \text{s}^{-1}}{(\text{mol L}^{-1})^2} = \text{L mol}^{-1} \text{s}^{-1}.$$

Cuestión 4. Isomería

a) CH₃CH₂CH₂OH y CH₃CHOHCH₃

Ambos son alcoholes con la misma cadena de tres carbonos, pero el grupo hidroxilo ocupa posiciones distintas:

isomería de posición.

b) CH₃CH₂OH y CH₃OCH₃

Tienen la misma fórmula molecular, C₂H₆O, pero uno es alcohol y el otro éter:

isomería de función.

c) CH₃CH₂CH₂CHO y CH₃CH(CH₃)CHO

Ambos son aldehídos, pero cambia la estructura de la cadena carbonada:

isomería de cadena.

Problema 1. Ácido acético débil



Con C₀ = 0,050 M y α como grado de disociación:

	CH ₃ COOH	CH ₃ COO ⁻	H ₃ O ⁺
inicial	C ₀	0	0
variación	-C ₀ α	+C ₀ α	+C ₀ α
equilibrio	C ₀ (1 - α)	C ₀ α	C ₀ α

La constante es

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = \frac{C_0\alpha^2}{1 - \alpha}.$$

Con $K_a = 1,8 \cdot 10^{-5}$, resulta $\alpha \approx 0,0188$:

$$\alpha = 1,88\% \approx 1,89\%.$$

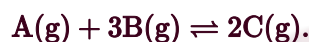
La concentración de oxonios es

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = C_0\alpha = (0,050)(0,01879) = 9,40 \cdot 10^{-4} \text{ M}.$$

$$\text{pH} = -\log(9,40 \cdot 10^{-4}) = \boxed{3,03}.$$

Problema 2. Equilibrio $\text{A} + 3\text{B} \rightleftharpoons 2\text{C}$

En un recipiente de 10 L:



Si x son los moles de A que reaccionan:

	A	B	C
inicial	2	1	0
variación	-x	-3x	+2x
equilibrio	2 - x	1 - 3x	2x

Como en el equilibrio $n_B = n_C$:

$$1 - 3x = 2x \implies x = 0,200 \text{ mol}.$$

Por tanto:

$$n_A = 1,80 \text{ mol}, \quad n_B = 0,400 \text{ mol}, \quad n_C = 0,400 \text{ mol}.$$

Las concentraciones de equilibrio son

$$[\text{A}] = 0,180 \text{ M}, \quad [\text{B}] = [\text{C}] = 0,0400 \text{ M}.$$

La expresión de K_c es

$$K_c = \frac{[\text{C}]^2}{[\text{A}][\text{B}]^3} = \frac{(0,0400)^2}{(0,180)(0,0400)^3} = \boxed{1,39 \cdot 10^2 \text{ L}^2 \text{ mol}^{-2}}.$$

Para la reacción gaseosa:

$$\Delta n = 2 - (1 + 3) = -2, \quad K_p = K_c(RT)^{\Delta n} = \frac{K_c}{(RT)^2}.$$

Con $T = 300 + 273,15 = 573,15 \text{ K}$:

$$K_p = \frac{138,89}{(0,082 \cdot 573,15)^2} = \boxed{6,29 \cdot 10^{-2} \text{ atm}^{-2}}.$$