

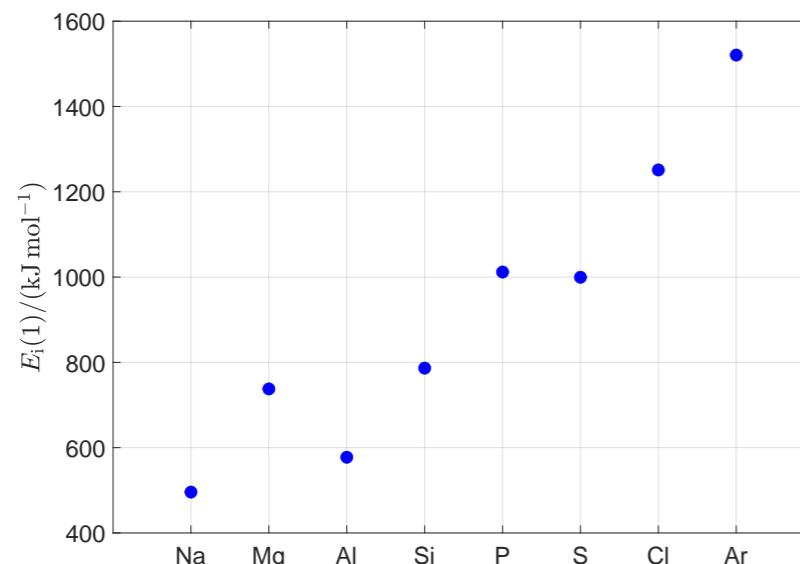
### 3. MODELO DE EXAMEN

## QUÍMICA

- Responda en el pliego en blanco a **cuatro** de las cinco preguntas que se proponen. De cada una de las seleccionadas conteste **una única opción**, A o B. Todas las preguntas se calificarán con un máximo de **2,5 puntos**.
- Agrupaciones de preguntas que sumen más de 10 puntos o que no coincidan con las indicadas conllevarán la **anulación** de la(s) última(s) pregunta(s) seleccionada(s) y/o respondida(s).

**Pregunta 1. Opción A. (2,5 puntos)** La gráfica muestra los valores experimentales de la primera energía de ionización,  $E_i(1)/(kJ\ mol^{-1})$ , de los ocho elementos que forman el tercer periodo de la tabla periódica.

**a) (1,50 puntos)** Indique a qué es debida la tendencia general observada. **b) (1,00 punto)** Justifique las excepciones encontradas (Mg y P).



**Pregunta 1. Opción B. (2,5 puntos) a) (0,75 puntos)** En la tabla aparecen cuatro posibles espín-orbitales descritos por sus correspondientes números cuánticos.

	$n$	$l$	$m_l$	$m_s$
1	3	2	2	+1/2
2	3	1	1	+1/2
3	2	1	0	+1/2
4	3	2	0	-1/2

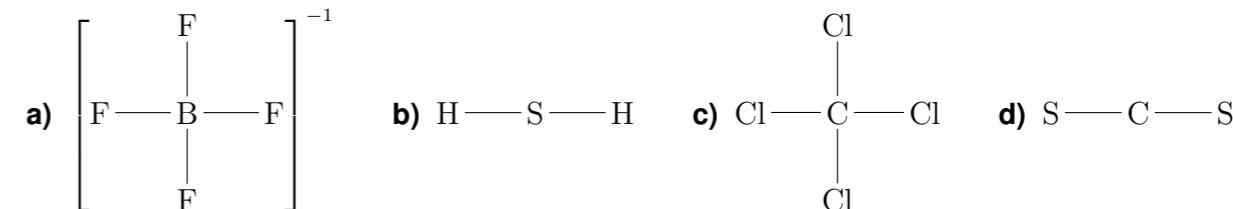
Indique, razonadamente, cuál de ellos puede corresponderse con un electrón de la capa de valencia del átomo de azufre en su estado fundamental.

**b) (0,75 puntos)** Calcule la incertidumbre asociada a la posición de un electrón si la incertidumbre asociada a su velocidad es  $5,97 \cdot 10^4 \text{ m s}^{-1}$ .

Datos:  $h = 6,626\ 068\ 96 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$  y  $m_e = 9,109\ 382\ 15 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ .

**c) (1,00 punto)** Escriba las configuraciones electrónicas de los átomos de flúor, magnesio, fósforo y cromo ( $Z = 24$ ) en su estado fundamental.

**Pregunta 2. Opción A. (2,5 puntos)** Represente las estructuras de Lewis de las siguientes especies e indique su geometría:



**Pregunta 2. Opción B. (2,5 puntos)** Utilice un ciclo de Born-Haber para calcular la entalpía estándar de red,  $\Delta_{\text{red}}H^\ominus$ , del NaCl(s).

Datos:  $E_i(\text{Na}) = 496 \text{ kJ mol}^{-1}$  (primera energía de ionización),  $E_{\text{ea}}(\text{Cl}) = -349 \text{ kJ mol}^{-1}$  (primera afinidad electrónica),  $\Delta_fH^\ominus(\text{NaCl(s)}) = -411 \text{ kJ mol}^{-1}$ ,  $\Delta_fH^\ominus(\text{Na(g)}) = 108 \text{ kJ mol}^{-1}$  y  $\Delta_fH^\ominus(\text{Cl(g)}) = 122 \text{ kJ mol}^{-1}$ .

**Pregunta 3. Opción A. (2,5 puntos) a) (2,00 puntos)** Calcule, a 298,15 K, la entalpía estándar de reacción,  $\Delta_rH^\ominus$ , correspondiente a la combustión del metano. **b) (0,50 puntos)** Indique, razonadamente, si la reacción es exotérmica o endotérmica.

Datos:

	CO <sub>2</sub> (g)	H <sub>2</sub> O(l)	CH <sub>4</sub> (g)
$\Delta_fH^\ominus(298,15 \text{ K})/(kJ\ mol^{-1})$	-393,1	-285,5	-74,8

**Pregunta 3. Opción B. (2,5 puntos)** Considere la reacción  $N_2(g) + 3 H_2(g) \rightleftharpoons 2 NH_3(g)$ . A una  $T$  determinada, una mezcla gaseosa de  $N_2(g)$ ,  $H_2(g)$  y  $NH_3(g)$  se encuentra en un estado de equilibrio. Las cantidades de los tres componentes de la mezcla gaseosa en ese estado de equilibrio se muestran a continuación.

	$N_2(g)$	$H_2(g)$	$NH_3(g)$
$n_{eq}/mol$	3,00	1,00	1,00

La presión de la mezcla gaseosa en dicho estado es  $p_{tot, eq} = 1,00 \text{ atm}$ . **a) (1,00 punto)** Calcule el valor de  $K_p$ . **b) (1,00 punto)** Manteniendo la mezcla gaseosa a  $p_{tot, eq} = 1,00 \text{ atm}$  y  $T$ , se añaden 0,100 mol de  $N_2(g)$ . Calcule, en esta nueva situación, el valor del cociente de reacción,  $Q_p$ . **c) (0,50 puntos)** Compare los valores de  $K_p$  y  $Q_p$  para predecir hacia dónde se desplazará la reacción.

**Pregunta 4. Opción A. (2,5 puntos)** Calcule, a  $25^\circ\text{C}$ , el pH de una disolución acuosa  $0,0100 \text{ M}$  de  $\text{HNO}_2$ .

Dato:  $K_a(25^\circ\text{C}) = 5,52 \cdot 10^{-4}$ .

**Pregunta 4. Opción B. (2,5 puntos)** Calcule la energía de Gibbs estándar de reacción,  $\Delta_r G^\ominus$ , a  $298,15 \text{ K}$ , correspondiente al proceso que ocurre en una celda galvánica que utiliza los sistemas redox  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})/\text{Cu(s)}$  y  $\text{Zn}^{2+}(\text{aq})/\text{Zn(s)}$ .

Datos:  $F = 9,648\,533\,99 \cdot 10^4 \text{ C mol}^{-1}$

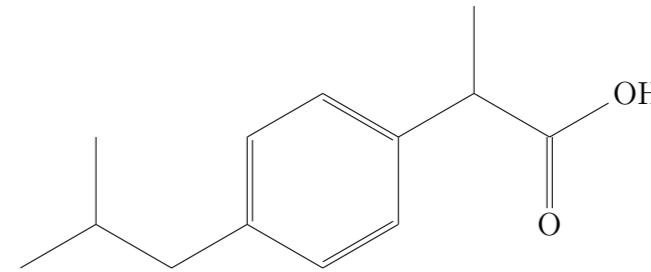
	$E^\ominus(298,15 \text{ K})/V$
$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2 e^- \rightleftharpoons \text{Cu(s)}$	0,340
$\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2 e^- \rightleftharpoons \text{Zn(s)}$	-0,763

**Pregunta 5. Opción A. (2,5 puntos)** Se ha determinado, a la misma temperatura, pero en cuatro condiciones iniciales diferentes, la velocidad inicial,  $v_0$ , de la reacción  $\text{BrO}_3^-(\text{aq}) + 5 \text{Br}^-(\text{aq}) + 6 \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) \rightarrow 3 \text{Br}_2(\text{aq}) + 9 \text{H}_2\text{O(l)}$ .

Exp.	$[\text{BrO}_3^-(\text{aq})]_0/(\text{mol L}^{-1})$	$[\text{Br}^-(\text{aq})]_0/(\text{mol L}^{-1})$	$[\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})]_0/(\text{mol L}^{-1})$	$v_0/(\text{mol L}^{-1} \text{s}^{-1})$
1	0,10	0,10	0,10	$1,2 \cdot 10^{-3}$
2	0,20	0,10	0,10	$2,4 \cdot 10^{-3}$
3	0,10	0,30	0,10	$3,5 \cdot 10^{-3}$
4	0,20	0,10	0,15	$5,5 \cdot 10^{-3}$

**a) (0,25 puntos)** Calcule el orden de la reacción respecto al  $\text{BrO}_3^-$ . **b) (0,25 puntos)** Calcule el orden de la reacción respecto al  $\text{Br}^-$ . **c) (0,25 puntos)** Calcule el orden de la reacción respecto al  $\text{H}_3\text{O}^+$ . **d) (0,25 puntos)** Calcule el orden total de la reacción. **e) (0,75 puntos)** Calcule la constante cinética. **f) (0,75 puntos)** Escriba la ley de velocidad.

**Pregunta 5. Opción B. (2,5 puntos) a) (1,00 punto)** Se muestra, a continuación, la fórmula estructural desarrollada del ibuprofeno.



**a.1) (0,25 puntos)** Escriba su fórmula molecular. **a.2) (0,75 puntos)** Copie en el pliego en blanco la fórmula del compuesto y señale todos los átomos de carbono asimétricos.

**b) (0,75 puntos)** Escriba la fórmula estructural desarrollada de los siguientes compuestos: 1-etil-4-metilciclohexano, 3-etil-5-metilheptano y 6-metilhept-2-en-4-ol.

**c) (0,75 puntos) c.1) (0,50 puntos)** Escriba la fórmula estructural desarrollada del monómero que constituye el poli(cloruro de vinilo). **c.2) (0,25 puntos)** ¿Qué tipo de polimerización se sigue en la formación del poli(cloruro de vinilo)?

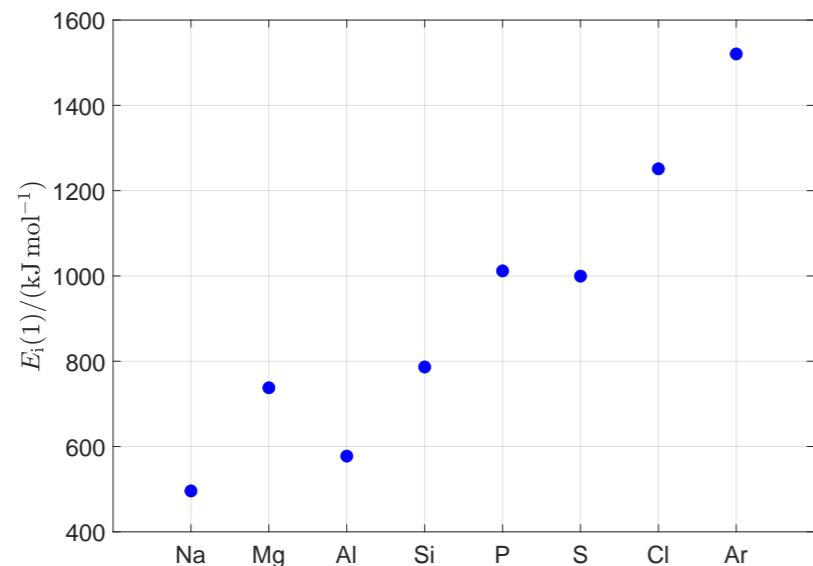
#### 4. MODELO DE EXAMEN RESUELTO Y CRITERIOS ESPECÍFICOS DE CORRECCIÓN

## QUÍMICA

- Responda en el pliego en blanco a **cuatro** de las cinco preguntas que se proponen. De cada una de las seleccionadas conteste **una única opción**, A o B. Todas las preguntas se calificarán con un máximo de **2,5 puntos**.
- Agrupaciones de preguntas que sumen más de 10 puntos o que no coincidan con las indicadas conllevarán la **anulación** de la(s) última(s) pregunta(s) seleccionada(s) y/o respondida(s).

**Pregunta 1. Opción A. (2,5 puntos)** La gráfica muestra los valores experimentales de la primera energía de ionización,  $E_i(1)/(kJ\ mol^{-1})$ , de los ocho elementos que forman el tercer periodo de la tabla periódica.

**a) (1,50 puntos)** Indique a qué es debida la tendencia general observada. **b) (1,00 punto)** Justifique las excepciones encontradas (Mg y P).



**a)** La primera energía de ionización crece, al ir de izquierda a derecha en un periodo, porque la carga nuclear efectiva aumenta.

#### Desglose de la puntuación

Aumento de izquierda a derecha en el periodo	0,75
Aumento de la carga nuclear efectiva	0,75

**b)** La configuración electrónica del magnesio, en su estado fundamental, es  $(1s)^2(2s)^2(2p)^6(3s)^2$ . Su última subcapa está llena y por eso su primera energía de ionización es más alta de lo normal. Una situación similar

(última subcapa semillena) se da en el caso del estado fundamental del átomo de fósforo. Su configuración electrónica es  $(1s)^2(2s)^2(2p)^6(3s)^2(3p)^3$ .

#### Desglose de la puntuación

Mg (subcapa llena)	0,50
P (subcapa semillena)	0,50

**Pregunta 1. Opción B. (2,5 puntos) a) (0,75 puntos)** En la tabla aparecen cuatro posibles espín-orbitales descritos por sus correspondientes números cuánticos.

	$n$	$l$	$m_l$	$m_s$
<b>1</b>	3	2	2	+1/2
<b>2</b>	3	1	1	+1/2
<b>3</b>	2	1	0	+1/2
<b>4</b>	3	2	0	-1/2

Indique, razonadamente, cuál de ellos puede corresponderse con un electrón de la capa de valencia del átomo de azufre en su estado fundamental.

**b) (0,75 puntos)** Calcule la incertidumbre asociada a la posición de un electrón si la incertidumbre asociada a su velocidad es  $5,97 \cdot 10^4 \text{ m s}^{-1}$ .

Datos:  $h = 6,626\ 068\ 96 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$  y  $m_e = 9,109\ 382\ 15 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ .

**c) (1,00 punto)** Escriba las configuraciones electrónicas de los átomos de flúor, magnesio, fósforo y cromo ( $Z = 24$ ) en su estado fundamental.

**a)** La configuración electrónica del azufre, en su estado fundamental, es  $(1s)^2(2s)^2(2p)^6(3s)^2(3p)^4$ . Los electrones de su capa de valencia están descritos por orbitales con  $n = 3$ : esto excluye al espín-orbital **3**. No existen, en la capa de valencia del átomo de azufre en su estado fundamental, electrones descritos por orbitales d ( $l = 2$ ): esto excluye los espín-orbitales **1** y **4**.

Desglose de la puntuación	
Configuración electrónica del azufre en su estado fundamental	0,25
Opción 2 (argumentada)	0,50

b)

$$\Delta x \times \Delta p_x \geq \hbar/2 = h/4\pi$$

$$\Delta p_x = \Delta(m_e v_x) = m_e \Delta v_x$$

$$\Delta x \times m_e \Delta v_x \geq h/4\pi$$

$$\Delta x \geq \frac{h}{4\pi m_e \Delta v_x}$$

$$\Delta x \geq 9,70 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

Desglose de la puntuación	
$\Delta x \times \Delta p_x \geq \hbar/2 = h/4\pi$	0,25
$\Delta x \geq 9,70 \cdot 10^{-10} \text{ m}$	0,50

Si las unidades de una cantidad final no son correctas, se restan 0,25 puntos. Si el número de cifras significativas de un valor numérico final difiere del correcto en más de dos unidades, se restan 0,25 puntos.

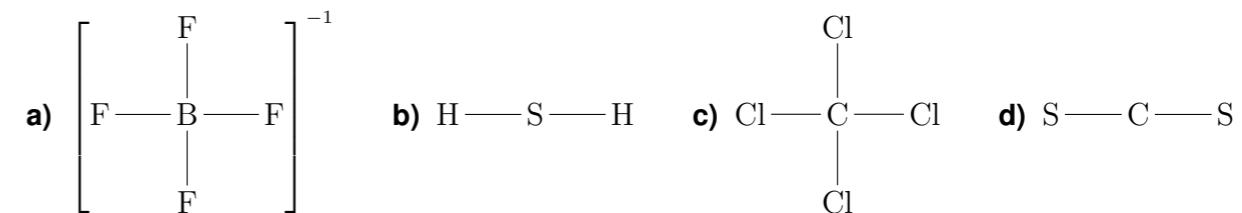
c)

F	(1s) <sup>2</sup> (2s) <sup>2</sup> (2p) <sup>5</sup>
Mg	(1s) <sup>2</sup> (2s) <sup>2</sup> (2p) <sup>6</sup> (3s) <sup>2</sup>
P	(1s) <sup>2</sup> (2s) <sup>2</sup> (2p) <sup>6</sup> (3s) <sup>2</sup> (3p) <sup>3</sup>
Cr	(1s) <sup>2</sup> (2s) <sup>2</sup> (2p) <sup>6</sup> (3s) <sup>2</sup> (3p) <sup>6</sup> (3d) <sup>5</sup> (4s) <sup>1</sup>

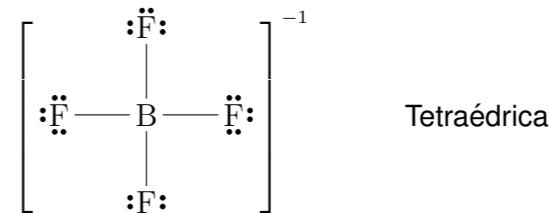
Desglose de la puntuación	
Configuración electrónica correcta (4 × 0,25)	1,00

También se admite, para el átomo de Cr, la configuración electrónica (1s)<sup>2</sup>(2s)<sup>2</sup>(2p)<sup>6</sup>(3s)<sup>2</sup>(3p)<sup>6</sup>(4s)<sup>1</sup>(3d)<sup>5</sup>.

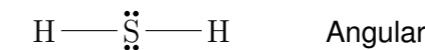
**Pregunta 2. Opción A. (2,5 puntos)** Represente las estructuras de Lewis de las siguientes especies e indique su geometría:



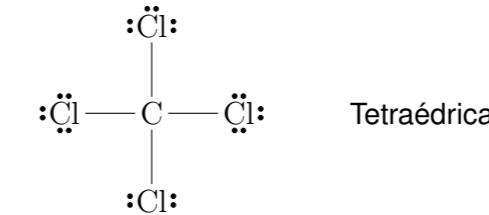
a)  $e^- = 3 + 7 \times 4 + 1 = 32$  (16 pares)



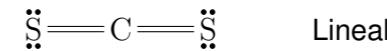
b)  $e^- = 6 + 1 \times 2 = 8$  (4 pares)



c)  $e^- = 4 + 7 \times 4 = 32$  (16 pares)



d)  $e^- = 4 + 6 \times 2 = 16$  (8 pares)

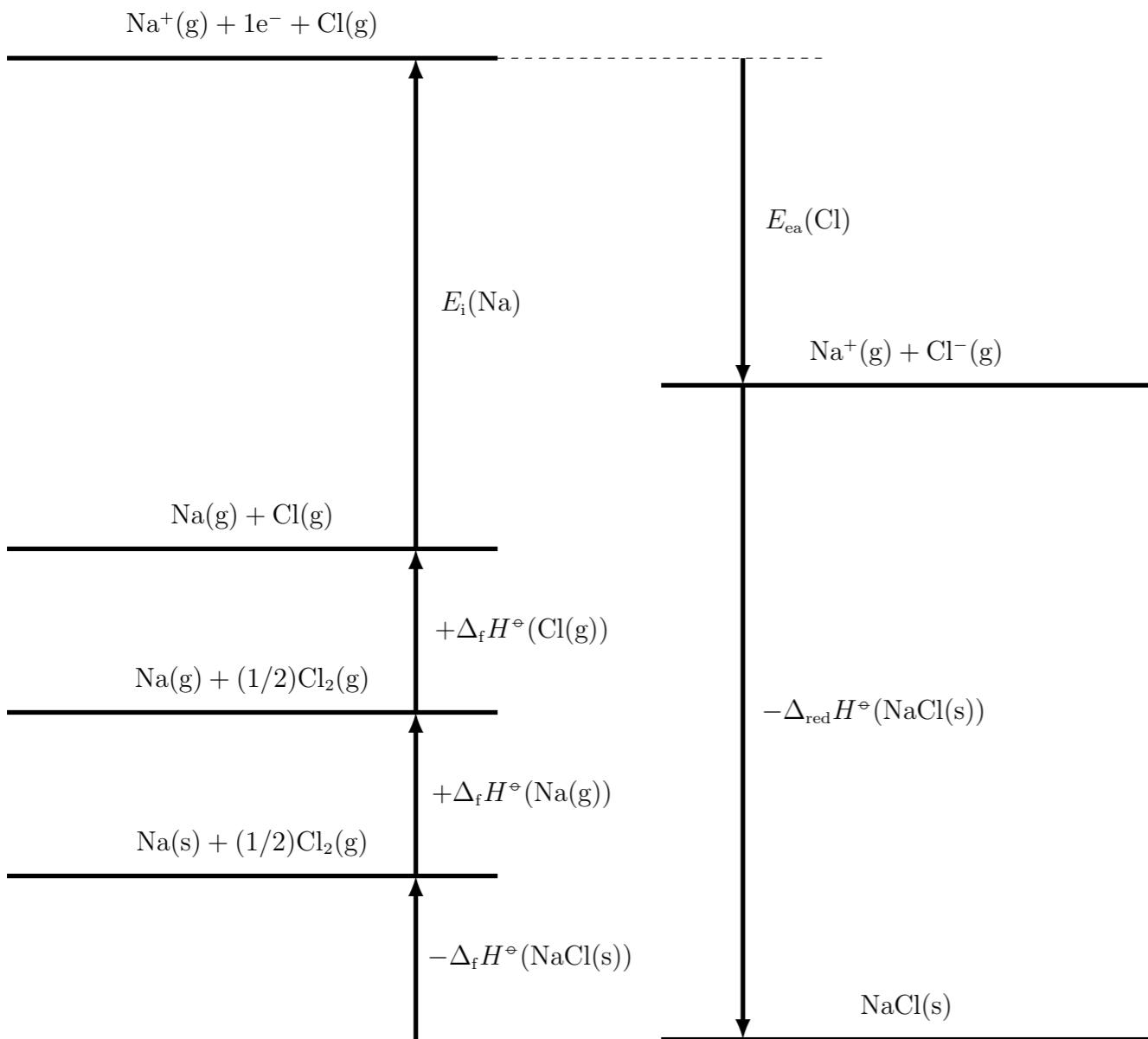


Desglose de la puntuación	
---------------------------	--

Estructura de Lewis ( $\text{BF}_4^-$ )	0,50
Geometría ( $\text{BF}_4^-$ )	0,50
Resto de estructuras de Lewis ( $3 \times 0,25$ )	0,75
Resto de geometrías ( $3 \times 0,25$ )	0,75

**Pregunta 2. Opción B. (2,5 puntos)** Utilice un ciclo de Born-Haber para calcular la entalpía estándar de red,  $\Delta_{\text{red}}H^\ominus$ , del  $\text{NaCl}(s)$ .

Datos:  $E_i(\text{Na}) = 496 \text{ kJ mol}^{-1}$  (primera energía de ionización),  $E_{\text{ea}}(\text{Cl}) = -349 \text{ kJ mol}^{-1}$  (primera afinidad electrónica),  $\Delta_fH^\ominus(\text{NaCl}(s)) = -411 \text{ kJ mol}^{-1}$ ,  $\Delta_fH^\ominus(\text{Na}(g)) = 108 \text{ kJ mol}^{-1}$  y  $\Delta_fH^\ominus(\text{Cl}(g)) = 122 \text{ kJ mol}^{-1}$ .



La longitud de las flechas no se corresponde con el valor numérico que representa.

$$-\Delta_f H^\ominus(\text{NaCl}(\text{s})) + \Delta_f H^\ominus(\text{Na}(\text{g})) + \Delta_f H^\ominus(\text{Cl}(\text{g})) + E_i(\text{Na}) + E_{\text{ea}}(\text{Cl}) - \Delta_{\text{red}} H^\ominus(\text{NaCl}(\text{s})) = 0$$

$$411 + 108 + 122 + 496 - 349 - \Delta_{\text{red}} H^\ominus(\text{NaCl}(\text{s})) = 0$$

$$\Delta_{\text{red}} H^\ominus(\text{NaCl}(\text{s})) = 788 \text{ kJ mol}^{-1}$$

Desglose de la puntuación		
$\text{NaCl}(\text{s}) \rightarrow \text{Na}(\text{s}) + (1/2)\text{Cl}_2(\text{g})$	$-\Delta_f H^\ominus(\text{NaCl}(\text{s}))$	0,25
$\text{Na}(\text{s}) + (1/2)\text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow \text{Na}(\text{g}) + (1/2)\text{Cl}_2(\text{g})$	$+\Delta_f H^\ominus(\text{Na}(\text{g}))$	0,25
$\text{Na}(\text{g}) + (1/2)\text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow \text{Na}(\text{g}) + \text{Cl}(\text{g})$	$+\Delta_f H^\ominus(\text{Cl}(\text{g}))$	0,50
$\text{Na}(\text{g}) + \text{Cl}(\text{g}) \rightarrow \text{Na}^+(\text{g}) + 1\text{e}^- + \text{Cl}(\text{g})$	$E_i(\text{Na})$	0,25
$\text{Na}^+(\text{g}) + 1\text{e}^- + \text{Cl}(\text{g}) \rightarrow \text{Na}^+(\text{g}) + \text{Cl}^-(\text{g})$	$E_{\text{ea}}(\text{Cl})$	0,25
$\text{Na}^+(\text{g}) + \text{Cl}^-(\text{g}) \rightarrow \text{NaCl}(\text{s})$	$-\Delta_{\text{red}} H^\ominus(\text{NaCl}(\text{s}))$	0,25
$\Delta_{\text{red}} H^\ominus(\text{NaCl}(\text{s})) = 788 \text{ kJ mol}^{-1}$		0,75

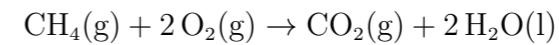
Si las unidades de una cantidad final no son correctas, se restan 0,25 puntos. Si el número de cifras significativas de un valor numérico final difiere del correcto en más de dos unidades, se restan 0,25 puntos.

**Pregunta 3. Opción A. (2,5 puntos) a) (2,00 puntos)** Calcule, a 298,15 K, la entalpía estándar de reacción,  $\Delta_r H^\ominus$ , correspondiente a la combustión del metano. **b) (0,50 puntos)** Indique, razonadamente, si la reacción es exotérmica o endotérmica.

Datos:

	$\text{CO}_2(\text{g})$	$\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	$\text{CH}_4(\text{g})$
$\Delta_f H^\ominus(298,15 \text{ K}) / (\text{kJ mol}^{-1})$	-393,1	-285,5	-74,8

a)



$$\Delta_r H^\ominus(298,15 \text{ K}) =$$

$$2\Delta_f H^\ominus(298,15 \text{ K}, \text{H}_2\text{O}(\text{l})) + \Delta_f H^\ominus(298,15 \text{ K}, \text{CO}_2(\text{g})) - \Delta_f H^\ominus(298,15 \text{ K}, \text{CH}_4(\text{g})) =$$

$$2 \times (-285,5) + (-393,1) - (-74,8) = -889,3 \text{ kJ mol}^{-1}$$

Desglose de la puntuación	
$\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	0,50
$\Delta_r H^\ominus = 2\Delta_f H^\ominus(\text{H}_2\text{O}(\text{l})) + \Delta_f H^\ominus(\text{CO}_2(\text{g})) - \Delta_f H^\ominus(\text{CH}_4(\text{g}))$ (todas a 298,15 K)	0,50
$\Delta_r H^\ominus(298,15 \text{ K}) = -889,3 \text{ kJ mol}^{-1}$	1,00

Si se omiten los estados de agregación en la ecuación química, se restan 0,25 puntos. Si las unidades de una cantidad final no son correctas, se restan 0,25 puntos. Si el número de cifras significativas de un valor numérico final difiere del correcto en más de dos unidades, se restan 0,25 puntos.

**b)  $\Delta_r H^\ominus(298,15 \text{ K}) < 0 \rightarrow$  Exotérmica**

Desglose de la puntuación	
Exotérmica (argumentado)	0,50

Desglose de la puntuación	
$K_p = \frac{(p_{\text{NH}_3(\text{g}), \text{eq}})^2}{(p_{\text{N}_2(\text{g}), \text{eq}}) \times (p_{\text{H}_2(\text{g}), \text{eq}})^3}$	0,50
$K_p = 8,33 \text{ atm}^{-2}$	0,50

**Pregunta 3. Opción B. (2,5 puntos)** Considere la reacción  $\text{N}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3(\text{g})$ . A una  $T$  determinada, una mezcla gaseosa de  $\text{N}_2(\text{g})$ ,  $\text{H}_2(\text{g})$  y  $\text{NH}_3(\text{g})$  se encuentra en un estado de equilibrio. Las cantidades de los tres componentes de la mezcla gaseosa en ese estado de equilibrio se muestran a continuación.

	$\text{N}_2(\text{g})$	$\text{H}_2(\text{g})$	$\text{NH}_3(\text{g})$
$n_{\text{eq}}/\text{mol}$	3,00	1,00	1,00

La presión de la mezcla gaseosa en dicho estado es  $p_{\text{tot}, \text{eq}} = 1,00 \text{ atm}$ . **a) (1,00 punto)** Calcule el valor de  $K_p$ . **b) (1,00 punto)** Manteniendo la mezcla gaseosa a  $p_{\text{tot}, \text{eq}} = 1,00 \text{ atm}$  y  $T$ , se añaden 0,100 mol de  $\text{N}_2(\text{g})$ . Calcule, en esta nueva situación, el valor del cociente de reacción,  $Q_p$ . **c) (0,50 puntos)** Compare los valores de  $K_p$  y  $Q_p$  para predecir hacia dónde se desplazará la reacción.

**a)**

	$\text{N}_2(\text{g})$	$+ 3 \text{H}_2(\text{g})$	$\rightleftharpoons K_p$	$2 \text{NH}_3(\text{g})$
$n(\xi = \xi_{\text{eq}})/\text{mol} = n_{\text{eq}}/\text{mol}$	3,00	1,00		1,00

$$n_{\text{tot}, \text{eq}} = 3,00 + 1,00 + 1,00 = 5,00 \text{ mol}$$

	$x_{\text{eq}} = n_{\text{eq}}/n_{\text{tot}, \text{eq}}$	$p_{\text{eq}} = x_{\text{eq}} \times p_{\text{tot}, \text{eq}}$
$\text{N}_2(\text{g})$	$\frac{3,00}{5,00} = 0,600$	$0,600 \times p_{\text{tot}, \text{eq}}$
$\text{H}_2(\text{g})$	$\frac{1,00}{5,00} = 0,200$	$0,200 \times p_{\text{tot}, \text{eq}}$
$\text{NH}_3(\text{g})$	$\frac{1,00}{5,00} = 0,200$	$0,200 \times p_{\text{tot}, \text{eq}}$

$$K_p = \frac{(p_{\text{NH}_3(\text{g}), \text{eq}})^2}{(p_{\text{N}_2(\text{g}), \text{eq}}) \times (p_{\text{H}_2(\text{g}), \text{eq}})^3} = \frac{(0,200 \times p_{\text{tot}, \text{eq}})^2}{(0,600 \times p_{\text{tot}, \text{eq}}) \times (0,200 \times p_{\text{tot}, \text{eq}})^3} = 8,33 \times p_{\text{tot}, \text{eq}}^{-2}$$

$$p_{\text{tot}, \text{eq}} = 1,00 \text{ atm} \rightarrow K_p = 8,33 \text{ atm}^{-2}$$

Se admite la omisión del subíndice «eq». Se admite la omisión de los estados de agregación. Si las unidades de una cantidad final no son correctas, se restan 0,25 puntos. Si el número de cifras significativas de un valor numérico final difiere del correcto en más de dos unidades, se restan 0,25 puntos.

**b)**

	$\text{N}_2(\text{g})$	$+ 3 \text{H}_2(\text{g})$	$\rightleftharpoons K_p$	$2 \text{NH}_3(\text{g})$
$n(\xi = \xi_0)/\text{mol} = n_0/\text{mol}$	3,00 + 0,100	1,00		1,00

$$n_{\text{tot}, 0} = 3,00 + 0,100 + 1,00 + 1,00 = 5,10 \text{ mol}$$

	$x_0 = n_0/n_{\text{tot}, 0}$	$p_0 = x_0 \times p_{\text{tot}, \text{eq}}$
$\text{N}_2(\text{g})$	$\frac{3,10}{5,10} = 0,60784 \dots$	$0,60784 \dots \times p_{\text{tot}, \text{eq}}$
$\text{H}_2(\text{g})$	$\frac{1,00}{5,10} = 0,19607 \dots$	$0,19607 \dots \times p_{\text{tot}, \text{eq}}$
$\text{NH}_3(\text{g})$	$\frac{1,00}{5,10} = 0,19607 \dots$	$0,19607 \dots \times p_{\text{tot}, \text{eq}}$

$$Q_p = \frac{(p_{\text{NH}_3(\text{g}), 0})^2}{(p_{\text{N}_2(\text{g}), 0}) \times (p_{\text{H}_2(\text{g}), 0})^3} = \frac{(0,19607 \dots \times p_{\text{tot}, \text{eq}})^2}{(0,60784 \dots \times p_{\text{tot}, \text{eq}}) \times (0,19607 \dots \times p_{\text{tot}, \text{eq}})^3} = 8,39 \times p_{\text{tot}, \text{eq}}^{-2}$$

$$p_{\text{tot}, \text{eq}} = 1,00 \text{ atm} \rightarrow Q_p = 8,39 \text{ atm}^{-2}$$

Desglose de la puntuación	
$Q_p = \frac{(p_{\text{NH}_3(\text{g}), 0})^2}{(p_{\text{N}_2(\text{g}), 0}) \times (p_{\text{H}_2(\text{g}), 0})^3}$	0,50
$Q_p = 8,39 \text{ atm}^{-2}$	0,50

Se admite la omisión del subíndice «0». Se admite la omisión de los estados de agregación. Si las unidades de una cantidad final no son correctas, se restan 0,25 puntos. Si el número de cifras significativas de un valor numérico final difiere del correcto en más de dos unidades, se restan 0,25 puntos.

c)  $Q_p > K_p$

Desglose de la puntuación	
$Q_p > K_p$	0,25
La reacción se desplaza hacia la izquierda	0,25

Si los resultados de los apartados a) y b) son incorrectos, pero se razona correctamente con ellos, se asignan, si procede, los (0,25 + 0,25) puntos.

El problema puede resolverse, alternativamente, utilizando  $K_c$ .

a)

		N <sub>2</sub> (g)	+	3 H <sub>2</sub> (g)	$\xrightleftharpoons{K_c}$	2 NH <sub>3</sub> (g)
$n(\xi = \xi_{\text{eq}})/\text{mol} = n_{\text{eq}}/\text{mol}$		3,00		1,00		1,00

$$n_{\text{tot, eq}} = 3,00 + 1,00 + 1,00 = 5,00 \text{ mol}$$

		$c_{\text{eq}} = n_{\text{eq}}/V_{\text{eq}}$
N <sub>2</sub> (g)		$\frac{3,00}{V_{\text{eq}}}$
H <sub>2</sub> (g)		$\frac{1,00}{V_{\text{eq}}}$
NH <sub>3</sub> (g)		$\frac{1,00}{V_{\text{eq}}}$

$$K_c = \frac{(c_{\text{NH}_3(\text{g}, \text{eq})})^2}{(c_{\text{N}_2(\text{g}, \text{eq})}) \times (c_{\text{H}_2(\text{g}, \text{eq})})^3} = \frac{(1,00/V_{\text{eq}})^2}{(3,00/V_{\text{eq}}) \times (1,00/V_{\text{eq}})^3} = \frac{1,00}{3,00} V_{\text{eq}}^2$$

$$K_c = \frac{1,00}{3,00} \left( \frac{n_{\text{tot, eq}} RT}{p_{\text{tot, eq}}} \right)^2 = \frac{1,00}{3,00} \left( \frac{5,00 RT}{p_{\text{tot, eq}}} \right)^2 = \frac{25,0}{3,00} \left( \frac{RT}{p_{\text{tot, eq}}} \right)^2 = 8,33 \left( \frac{RT}{p_{\text{tot, eq}}} \right)^2$$

$$K_p = K_c (RT)^{\sum_B \nu_B} = K_c (RT)^{-2} = 8,33 \times p_{\text{tot, eq}}^{-2}$$

$$p_{\text{tot, eq}} = 1,00 \text{ atm} \rightarrow K_p = 8,33 \text{ atm}^{-2}$$

Desglose de la puntuación

$$\begin{aligned} K_c &= \frac{(c_{\text{NH}_3(\text{g}, \text{eq})})^2}{(c_{\text{N}_2(\text{g}, \text{eq})}) \times (c_{\text{H}_2(\text{g}, \text{eq})})^3} & 0,50 \\ K_p &= 8,33 \text{ atm}^{-2} & 0,50 \end{aligned}$$

Se admite la omisión del subíndice «eq». Se admite la omisión de los estados de agregación. Si las unidades de una cantidad final no son correctas, se restan 0,25 puntos. Si el número de cifras significativas de un valor numérico final difiere del correcto en más de dos unidades, se restan 0,25 puntos.

b)

		N <sub>2</sub> (g)	+	3 H <sub>2</sub> (g)	$\xrightleftharpoons{K_c}$	2 NH <sub>3</sub> (g)
$n(\xi = \xi_0)/\text{mol} = n_0/\text{mol}$		3,00 + 0,100		1,00		1,00

$$n_{\text{tot, 0}} = 3,00 + 0,100 + 1,00 + 1,00 = 5,10 \text{ mol}$$

		$c_0 = n_0/V_0$
N <sub>2</sub> (g)		$\frac{3,10}{V_0}$
H <sub>2</sub> (g)		$\frac{1,00}{V_0}$
NH <sub>3</sub> (g)		$\frac{1,00}{V_0}$

$$Q_c = \frac{(c_{\text{NH}_3(\text{g}, 0)})^2}{(c_{\text{N}_2(\text{g}, 0)}) \times (c_{\text{H}_2(\text{g}, 0)})^3} = \frac{(1,00/V_0)^2}{(3,10/V_0) \times (1,00/V_0)^3} = \frac{1,00}{3,10} V_0^2$$

$$Q_c = \frac{1,00}{3,10} \left( \frac{n_{\text{tot, 0}} RT}{p_{\text{tot, eq}}} \right)^2 = \frac{1,00}{3,10} \left( \frac{5,10 RT}{p_{\text{tot, eq}}} \right)^2 = \frac{5,10^2}{3,10} \left( \frac{RT}{p_{\text{tot, eq}}} \right)^2 = 8,39 \left( \frac{RT}{p_{\text{tot, eq}}} \right)^2$$

$$Q_p = Q_c (RT)^{\sum_B \nu_B} = Q_c (RT)^{-2} = 8,39 \times p_{\text{tot, eq}}^{-2}$$

$$p_{\text{tot, eq}} = 1,00 \text{ atm} \rightarrow Q_p = 8,39 \text{ atm}^{-2}$$

Desglose de la puntuación

$$\begin{aligned} Q_c &= \frac{(c_{\text{NH}_3(\text{g}, 0)})^2}{(c_{\text{N}_2(\text{g}, 0)}) \times (c_{\text{H}_2(\text{g}, 0)})^3} & 0,50 \\ Q_p &= 8,39 \text{ atm}^{-2} & 0,50 \end{aligned}$$

Se admite la omisión del subíndice «0». Se admite la omisión de los estados de agregación. Si las unidades de una cantidad final no son correctas, se restan 0,25 puntos. Si el número de cifras significativas de un valor numérico final difiere del correcto en más de dos unidades, se restan 0,25 puntos.

c)  $Q_p > K_p$

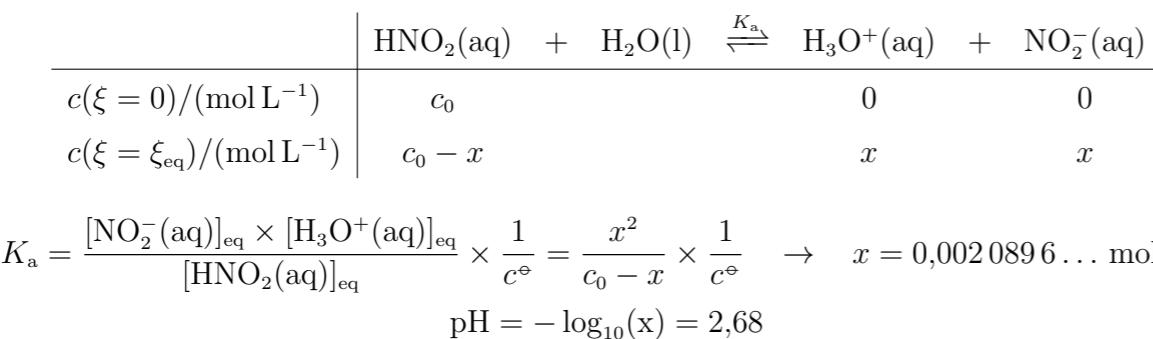
Desglose de la puntuación	
$Q_p > K_p$	0,25
La reacción se desplaza hacia la izquierda	0,25

Si los resultados de los apartados a) y b) son incorrectos, pero se razona correctamente con ellos, se asignan, si procede, los (0,25 + 0,25) puntos.

**Pregunta 4. Opción B. (2,5 puntos)** Calcule, a 25 °C, el pH de una disolución acuosa 0,0100 M de HNO<sub>2</sub>.

Dato:  $K_a(25^\circ\text{C}) = 5,52 \cdot 10^{-4}$ .

$$[\text{HNO}_2]_0 = c_0 = 0,0100 \text{ M} \quad K_a = 5,52 \cdot 10^{-4}$$



Desglose de la puntuación	
$\text{HNO}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O(l)} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{NO}_2^-(\text{aq})$	0,50
Concentraciones en el equilibrio	0,50
$K_a = (x^2/c^\ominus)/(c_0 - x)$	0,50
$x = 0,002\,089\,6 \dots \text{ mol L}^{-1}$	0,50
$\text{pH} = 2,68$	0,50

Se admite la omisión de  $c^\ominus$ . Se admite la omisión de los estados de agregación. Si las unidades de una cantidad final no son correctas, se restan 0,25 puntos. Si el número de cifras significativas de un valor numérico final difiere del correcto en más de dos unidades, se restan 0,25 puntos.

**Pregunta 4. Opción B. (2,5 puntos)** Calcule la energía de Gibbs estándar de reacción,  $\Delta_r G^\ominus$ , a 298,15 K, correspondiente al proceso que ocurre en una celda galvánica que utiliza los sistemas redox Cu<sup>2+</sup>(aq)/Cu(s) y Zn<sup>2+</sup>(aq)/Zn(s).

Datos:  $F = 9,648\,533\,99 \cdot 10^4 \text{ C mol}^{-1}$

	$E^\ominus(298,15 \text{ K})/\text{V}$
Cu <sup>2+</sup> (aq) + 2 e <sup>-</sup> ⇌ Cu(s)	0,340
Zn <sup>2+</sup> (aq) + 2 e <sup>-</sup> ⇌ Zn(s)	-0,763

$$E_{\text{cell, eq}}^\ominus = E_R^\ominus - E_L^\ominus$$

$$0,340 > -0,763 \rightarrow E_R^\ominus = 0,340 \text{ V} \quad E_L^\ominus = -0,763 \text{ V}$$

$$E_{\text{cell, eq}}^\ominus = 0,340 - (-0,763) = 1,103 \text{ V}$$

$$\Delta_r G^\ominus(298,15 \text{ K}) = -z F E_{\text{cell, eq}}^\ominus(298,15 \text{ K})$$

$$z = 2$$

$$\Delta_r G^\ominus(298,15 \text{ K}) = -213 \cdot 10^3 \text{ J mol}^{-1}$$

Desglose de la puntuación	
$E_{\text{cell, eq}}^\ominus = E_R^\ominus - E_L^\ominus$	0,25
Identificar $E_R^\ominus$ y $E_L^\ominus$	0,50
$E_{\text{cell, eq}}^\ominus = 1,103 \text{ V}$	0,50
$\Delta_r G^\ominus(298,15 \text{ K}) = -z F E_{\text{cell, eq}}^\ominus(298,15 \text{ K})$	0,25
$z = 2$	0,50
$\Delta_r G^\ominus(298,15 \text{ K}) = -213 \cdot 10^3 \text{ J mol}^{-1}$	0,50

Si las unidades de una cantidad final no son correctas, se restan 0,25 puntos. Si el número de cifras significativas de un valor numérico final difiere del correcto en más de dos unidades, se restan 0,25 puntos.

**Pregunta 5. Opción A. (2,5 puntos)** Se ha determinado, a la misma temperatura, pero en cuatro condiciones iniciales diferentes, la velocidad inicial,  $v_0$ , de la reacción BrO<sub>3</sub><sup>-</sup>(aq) + 5 Br<sup>-</sup>(aq) + 6 H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>(aq) → 3 Br<sub>2</sub>(aq) + 9 H<sub>2</sub>O(l).

Exp.	[BrO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (aq)] <sub>0</sub> /(mol L <sup>-1</sup> )	[Br <sup>-</sup> (aq)] <sub>0</sub> /(mol L <sup>-1</sup> )	[H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> (aq)] <sub>0</sub> /(mol L <sup>-1</sup> )	v <sub>0</sub> /(mol L <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )
1	0,10	0,10	0,10	1,2 · 10 <sup>-3</sup>
2	0,20	0,10	0,10	2,4 · 10 <sup>-3</sup>
3	0,10	0,30	0,10	3,5 · 10 <sup>-3</sup>
4	0,20	0,10	0,15	5,5 · 10 <sup>-3</sup>

- a) (0,25 puntos) Calcule el orden de la reacción respecto al BrO<sub>3</sub><sup>-</sup>. b) (0,25 puntos) Calcule el orden de la reacción respecto al Br<sup>-</sup>. c) (0,25 puntos) Calcule el orden de la reacción respecto al H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>. d) (0,25 puntos) Calcule el orden total de la reacción. e) (0,75 puntos) Calcule la constante cinética. f) (0,75 puntos) Escriba la ley de velocidad.

La expresión general de la ley de velocidad es  $v = k [\text{BrO}_3^-(\text{aq})]^\alpha [\text{Br}^-(\text{aq})]^\beta [\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})]^\gamma$ .

- a) Utilizando la información de los experimentos 1 y 2:

$$\frac{1,2 \cdot 10^{-3}}{2,4 \cdot 10^{-3}} = \left(\frac{0,10}{0,20}\right)^\alpha \rightarrow \alpha = 1$$

Desglose de la puntuación
$\alpha = m_{\text{BrO}_3^-(\text{aq})} = 1 \quad 0,25$

- b) Utilizando la información de los experimentos 1 y 3:

$$\frac{1,2 \cdot 10^{-3}}{3,5 \cdot 10^{-3}} = \left(\frac{0,10}{0,30}\right)^\beta \rightarrow \beta = 0,97 \approx 1$$

Desglose de la puntuación
$\beta = m_{\text{Br}^-(\text{aq})} = 1 \quad 0,25$

- c) Utilizando la información de los experimentos 2 y 4:

$$\frac{2,4 \cdot 10^{-3}}{5,5 \cdot 10^{-3}} = \left(\frac{0,10}{0,15}\right)^\gamma \rightarrow \gamma = 2,04 \approx 2$$

Desglose de la puntuación
$\gamma = m_{\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})} = 2 \quad 0,25$

d)  $m = m_{\text{BrO}_3^-(\text{aq})} + m_{\text{Br}^-(\text{aq})} + m_{\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})} = 4$

e)

Desglose de la puntuación

$$m = m_{\text{BrO}_3^-(\text{aq})} + m_{\text{Br}^-(\text{aq})} + m_{\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})} = 4 \quad 0,25$$

$$v = k [\text{BrO}_3^-(\text{aq})]^1 [\text{Br}^-(\text{aq})]^1 [\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})]^2$$

$$k = \frac{v}{[\text{BrO}_3^-(\text{aq})]^1 [\text{Br}^-(\text{aq})]^1 [\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})]^2}$$

Existen cuatro posibilidades para calcular  $k$ : una por cada experimento. Pero en todos los casos se obtiene, al considerar dos cifras significativas, el mismo valor:  $k = 12 \text{ mol}^{-3} \text{ L}^3 \text{ s}^{-1}$ .

Desglose de la puntuación

$$k = 12 \text{ mol}^{-3} \text{ L}^3 \text{ s}^{-1} \quad 0,75$$

Si las unidades de una cantidad final no son correctas, se restan 0,25 puntos. Si el número de cifras significativas de un valor numérico final difiere del correcto en más de dos unidades, se restan 0,25 puntos.

f)

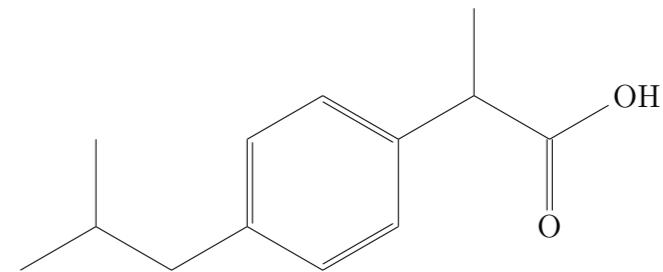
$$v / (\text{mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}) = 12 ([\text{BrO}_3^-(\text{aq})]/(\text{mol L}^{-1}))^1 ([\text{Br}^-(\text{aq})]/(\text{mol L}^{-1}))^1 ([\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})]/(\text{mol L}^{-1}))^2$$

Desglose de la puntuación

$$v = 12 [\text{BrO}_3^-(\text{aq})]^1 [\text{Br}^-(\text{aq})]^1 [\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})]^2 \quad 0,75$$

Se admite la omisión de los estados de agregación.

- Pregunta 5. Opción B. (2,5 puntos) a) (1,00 punto) Se muestra, a continuación, la fórmula estructural desarrollada del ibuprofeno.



- a.1) (0,25 puntos) Escriba su fórmula molecular. a.2) (0,75 puntos) Copie en el pliego en blanco la fórmula del compuesto y señale todos los átomos de carbono asimétricos.

**b) (0,75 puntos)** Escriba la fórmula estructural desarrollada de los siguientes compuestos: 1-etil-4-metilciclohexano, 3-etil-5-metilheptano y 6-metilhept-2-en-4-ol.

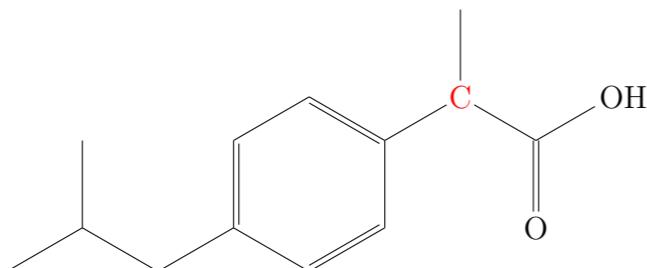
**c) (0,75 puntos) c.1) (0,50 puntos)** Escriba la fórmula estructural desarrollada del monómero que constituye el poli(cloruro de vinilo). **c.2) (0,25 puntos)** ¿Qué tipo de polimerización se sigue en la formación del poli(cloruro de vinilo)?

**a.1)** C<sub>13</sub>H<sub>18</sub>O<sub>2</sub>

Desglose de la puntuación

Fórmula molecular correcta 0,25

**a.2)** Solo hay un átomo de carbono asimétrico, el que está escrito en color rojo.

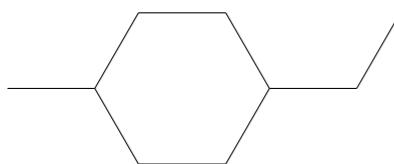


Desglose de la puntuación

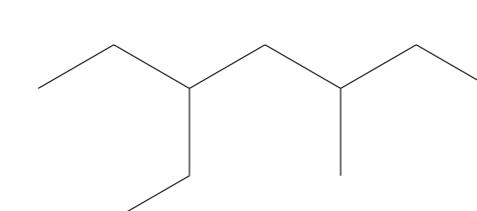
1 átomo de carbono asimétrico (señalado en rojo) 0,75

**b)**

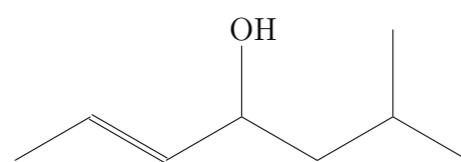
1-etil-4-metilciclohexano



3-etil-5-metilheptano

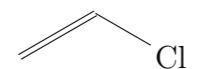


6-metilhept-2-en-4-ol



Desglose de la puntuación

Fórmula correcta (3 × 0,25) 0,75



Desglose de la puntuación

Fórmula correcta 0,50

**c.1)**

**c.2)** Polimerización en cadena.

Desglose de la puntuación

Tipo correcto 0,25

## APÉNDICE



### Pregunta 1.B.b

```
clc
clear all
format long
h=6.62606896e-34;
m=9.10938215e-31;
Deltax=h/(4*pi*m*5.97e4)
```

### Pregunta 2.B

```
clc
clear all
format long
Delta_red_H_std=411+108+122+496-349
```

### Pregunta 3.A

```
clc
clear all
format long
Delta_r_H_std=2*(-285.5)+(-393.1)-(-74.8)
```

### Pregunta 3.B

```
clc
clear all
format long
n_tot_eq=5;
x_N2_eq=3/n_tot_eq
x_H2_eq=1/n_tot_eq
x_NH3_eq=1/n_tot_eq
```

```
K_p=(x_NH3_eq)^2/(x_N2_eq*(x_H2_eq)^3)
n_tot_0=5.1;
x_N2_0=3.1/n_tot_0
x_H2_0=1/n_tot_0
x_NH3_0=1/n_tot_0
Q_p=(x_NH3_0)^2/(x_N2_0*(x_H2_0)^3)
```

### Pregunta 4.A

```
clc
clear all
format long
Ka=5.52e-4;
c0=0.01;
syms x
sol=solve(Ka==x^2/(c0-x));
sol=double(sol)
pH=-log10(sol(2))
```

### Pregunta 4.B

```
clc
clear all
format long
F=9.64853399e4;
E_std_Cu=0.340;
E_std_Zn=-0.763;
E_cell_eq=E_std_Cu-E_std_Zn
Delta_r_G_std=-2*F*E_cell_eq
```

### Pregunta 5.A

```
clc
clear all
format long
beta=log(1.2/3.5)/log(0.1/0.3)
```



```
gamma=log (2.4/5.5)/log (0.10/0.15)
k1=1.2e-3/(0.10*0.10*(0.10)^(2))
k2=2.4e-3/(0.20*0.10*(0.10)^(2))
k3=3.5e-3/(0.10*0.30*(0.10)^(2))
k4=5.5e-3/(0.20*0.10*(0.15)^(2))
k_media=(k1+k2+k3+k4)/4
```