



QUÍMICA

OPCIÓN A

1. (2,5 puntos)

Se prepara una disolución acuosa de ácido cianhídrico, HCN, disolviendo 0,675 g del ácido en un volumen final de disolución de 250 mL. El pH de la disolución resultante es 5,07. Calcule el valor del grado de disociación y de la constante de ionización del ácido en la disolución acuosa a 25 °C.

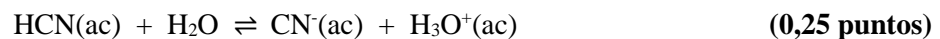
Datos. Masas atómicas: C = 12 u; N = 14 u; H = 1 u.

Solución.

- Cálculo de la concentración inicial del ácido en la disolución acuosa.

$$\frac{0,675 \text{ g de HCN}}{0,25 \text{ L de disolución}} \times \frac{1 \text{ mol de HCN}}{27 \text{ g de HCN}} = 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}} = 0,1 \text{ M} \quad (0,25 \text{ puntos})$$

- Equilibrio de transferencia de protones.



Inicial (M)	0,1	0	0	
Reaccionan (M)	- α	α	α	(0,25 puntos)
Equilibrio (M)	0,1 (1 - α)	0,1 α	0,1 α	(0,25 puntos)

- Cálculo del valor de α .

$$\text{pH} = 5,07 \quad [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}} = 10^{-\text{pH}} \quad (0,25 \text{ puntos}) \quad [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}} = 8,51 \times 10^{-6} \text{ M}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}} = 0,1 \alpha \quad (0,25 \text{ puntos}) \quad \alpha = 8,51 \times 10^{-5} \quad (0,25 \text{ puntos})$$

- Cálculo del valor de la constante de ionización del ácido (K_a).

$$K_a(\text{HCN}) = \frac{[\text{CN}^-]_{\text{eq}}[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}}}{[\text{HCN}]_{\text{eq}}} \quad K_a(\text{HCN}) = \frac{(0,1 \alpha)^2}{0,1 (1 - \alpha)} = \frac{0,1 \alpha^2}{1 - \alpha}$$

(0,25 puntos)

(0,25 puntos)

$$1 - \alpha \approx 1$$

$$K_a(\text{HCN}) = 7,24 \times 10^{-10}$$

(0,25 puntos)

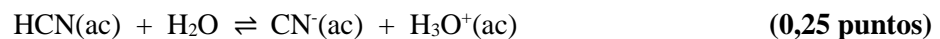


ALTERNATIVA.

- Cálculo de la concentración inicial del ácido en la disolución acuosa.

$$\frac{0,675 \text{ g de HCN}}{0,25 \text{ L de disolución}} \times \frac{1 \text{ mol de HCN}}{27 \text{ g de HCN}} = 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}} = 0,1 \text{ M} \quad (0,25 \text{ puntos})$$

- Equilibrio de transferencia de protones.



Inicial (M)	0,1	0	0	
Reaccionan (M)	- x	x	x	(0,25 puntos)
Equilibrio (M)	0,1 - x	x	x	(0,25 puntos)

- Cálculo del valor de α .

$$\text{pH} = 5,07 \quad [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}} = 10^{-\text{pH}} \quad [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}} = 8,51 \times 10^{-6} \text{ M} \quad (0,25 \text{ puntos})$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}} = x = 8,51 \times 10^{-6} \text{ M} \quad (0,25 \text{ puntos}) \quad x = 0,1 \alpha \quad \alpha = 8,51 \times 10^{-5} \quad (0,25 \text{ puntos})$$

- Cálculo del valor de la constante de ionización del ácido (K_a).

$$K_a(\text{HCN}) = \frac{[\text{CN}^-]_{\text{eq}}[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}}}{[\text{HCN}]_{\text{eq}}} \quad K_a(\text{HCN}) = \frac{x^2}{(0,1 - x)}$$

(0,25 puntos)

(0,25 puntos)

$$0,1 - x \approx 0,1$$

$$K_a(\text{HCN}) = 7,24 \times 10^{-10} \quad (0,25 \text{ puntos})$$



2. (2,5 puntos)

A 250 mL de agua se añade 1 mg de cloruro de plata, AgCl(s), a 25 °C. Determine:

- i) Si se disolverá todo el sólido añadido. **(2,0 puntos)**
- ii) La $[Ag^+]$ en la disolución. **(0,5 puntos).**

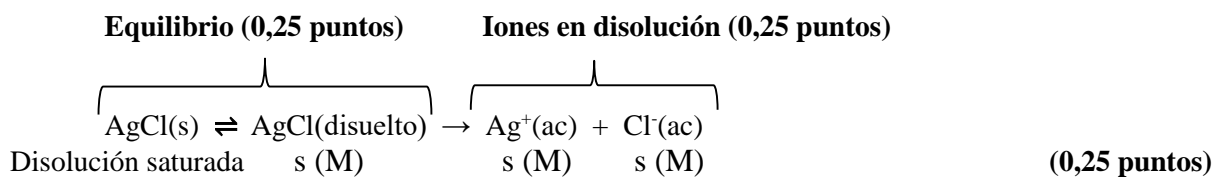
Suponga que no se observa variación de volumen al añadir el sólido al agua.

Datos. Masas atómicas: Ag = 107,9 u; Cl = 35,45 u. $K_{PS}(AgCl) = 1,8 \times 10^{-10}$

Solución.

i)

- Equilibrio de solubilidad del AgCl.



- Cálculo de la solubilidad del AgCl(s).

$$K_{PS}(AgCl) = [Ag^+]_{eq} [Cl^-]_{eq} \quad \text{(0,25 puntos)}$$

$$[Ag^+]_{eq} = [Cl^-]_{eq} = s \quad K_{PS}(AgCl) = s^2 \quad \text{(0,25 puntos)}$$

$$s = \sqrt{K_{PS}(AgCl)} = 1,34 \times 10^{-5} M \quad \text{(0,25 puntos)}$$

- Cálculo de la masa de AgCl(s) que se disuelve en 250 mL de disolución.

$$0,25 \text{ L disolución} \times \frac{1,34 \times 10^{-5} \text{ mol AgCl}}{1 \text{ L disolución}} \times \frac{143,35 \text{ g de AgCl}}{1 \text{ mol de AgCl}} = 4,8 \times 10^{-4} \text{ g de AgCl} = 0,48 \text{ mg AgCl} \quad \text{(0,25 puntos)}$$

No se disuelve todo el sólido añadido. (0,25 puntos)

ii)

- Cálculo de $[Ag^+]$ en la disolución.

Puesto que no se disuelve todo el sólido, la disolución está saturada en AgCl **(0,25 puntos)**.

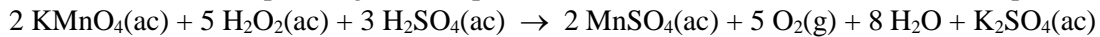
Por tanto, $[Ag^+] = s$, siendo s la solubilidad del AgCl en agua a 25 °C. **(0,25 puntos)**

$$[Ag^+] = 1,34 \times 10^{-5} M$$



3. (1,0 punto)

La concentración de peróxido de hidrógeno, H_2O_2 , en un agua oxigenada puede determinarse mediante valoración redox con permanganato de potasio, KMnO_4 , de acuerdo con la ecuación química:



En el laboratorio, 1 mL del agua oxigenada se diluye con agua hasta un volumen final de 20 mL. La valoración exacta de esta disolución consume, en el punto de equivalencia, 15 mL de una disolución acuosa de permanganato de potasio 0,01 M. i) Calcule la concentración de peróxido de hidrógeno en el agua oxigenada inicial **(0,75 puntos)**; ii) indique el nombre del material de laboratorio que contiene la disolución acuosa de peróxido de hidrógeno durante la valoración **(0,25 puntos)**.

Solución.

i.

- Cálculo del número de moles de MnO_4^- que han reaccionado en el punto de equivalencia.

$$15 \text{ mL de disolución de } \text{MnO}_4^- \times \frac{0,01 \text{ moles de } \text{MnO}_4^-}{1 \text{ L disolución de } \text{MnO}_4^-} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} = 1,5 \times 10^{-4} \text{ moles de } \text{MnO}_4^-$$

(0,25 puntos)

- Cálculo del número de moles de H_2O_2 presentes en la disolución.

$$1,5 \times 10^{-4} \text{ moles de } \text{MnO}_4^- \times \frac{5 \text{ moles de } \text{H}_2\text{O}_2}{2 \text{ moles de } \text{MnO}_4^-} = 3,75 \times 10^{-4} \text{ moles de } \text{H}_2\text{O}_2$$

(0,25 puntos)

- Cálculo de $[\text{H}_2\text{O}_2]$ en la disolución inicial.

$$[\text{H}_2\text{O}_2] = \frac{3,75 \times 10^{-4} \text{ moles de } \text{H}_2\text{O}_2}{0,001 \text{ L de disolución}} = 0,375 \text{ M}$$

(0,25 puntos)

- ii. La disolución acuosa de peróxido de hidrógeno se coloca en el **matraz erlenmeyer**.
(0,25 puntos)



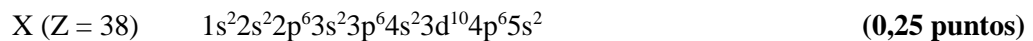
4. (2,0 puntos)

- A. Para el elemento X ($Z = 38$), escriba la configuración electrónica en su estado fundamental e indique, de forma razonada: i) **el bloque y el período** de la tabla periódica a los que pertenece el elemento; ii) el tipo de ion, anión o catión, que formará con mayor facilidad el elemento.

(1,0 punto)

Solución.

Configuración electrónica del elemento en su estado fundamental:



- i. De los valores de los números cuánticos asociados a los electrones de valencia, se deduce que el elemento X pertenece al **bloque s** (s^2) (0,25 puntos) y al **período 5** ($n = 5$) (0,25 puntos).
- ii. El elemento X presenta 2 electrones de valencia por lo que para completar una subcapa y adquirir la configuración electrónica de gas noble, su tendencia es a perder los dos electrones de valencia. En consecuencia, el elemento X tiene tendencia a formar **el catión X^{2+}** (0,25 puntos).

- B. Las temperaturas de ebullición a la presión de 1 atm de las sustancias $Br_2(l)$ y $ICl(l)$ son, respectivamente, $58,8^\circ C$ y $97,4^\circ C$. Teniendo en cuenta que las masas molares de las dos sustancias son muy semejantes [$M(Br_2) = 159,8 \text{ g mol}^{-1}$, $M(ICl) = 162,35 \text{ g mol}^{-1}$], justifique la diferencia en los valores de las temperaturas de ebullición de estas dos sustancias.

Datos. Valores de electronegatividad: I = 2,66; Cl = 3,16.

Solución.

Relaciona correctamente la temperatura de ebullición de una sustancia con la intensidad de las fuerzas intermoleculares presentes en ella (0,25 puntos). Identifica correctamente las fuerzas intermoleculares presentes en las dos sustancias: dipolo inducido-dipolo inducido en el $Br_2(l)$ (0,25 puntos) y dipolo inducido-dipolo inducido y dipolo-dipolo en ICl (0,25 puntos). En consecuencia, las fuerzas intermoleculares son más intensas en el ICl que en el Br_2 y, por tanto, la temperatura de ebullición del ICl será mayor que la del Br_2 . (0,25 puntos)



5. (2,0 puntos)

- A. Para el ${}^{238}_{92}\text{U}$, indique, de forma razonada, el número de protones y de neutrones que hay en el núcleo del átomo. **(0,5 puntos)**

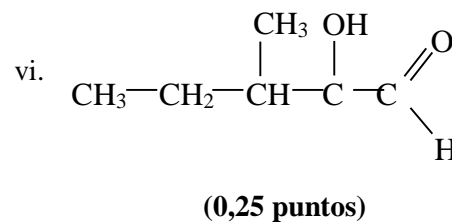
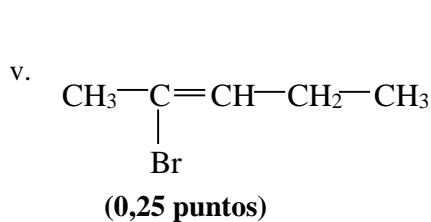
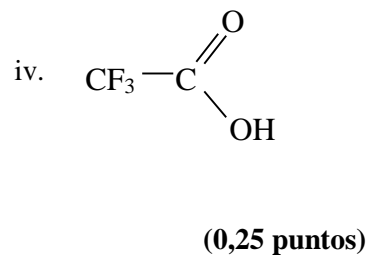
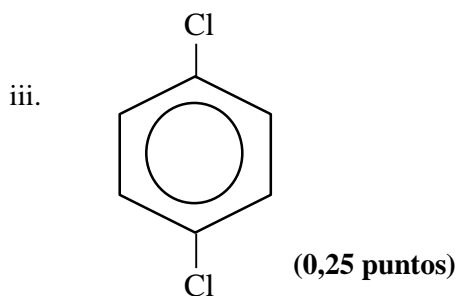
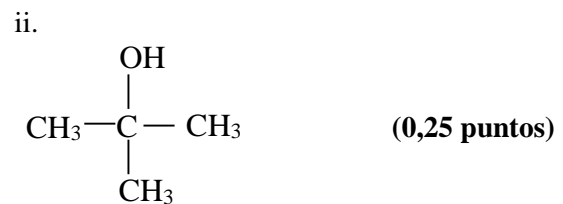
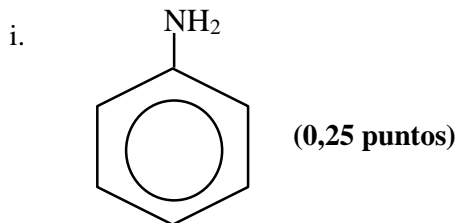
Solución.

En un núcleo atómico, el número de protones presentes coincide con el valor del número atómico Z . En este caso $Z = 92$, luego en el núcleo hay **92 protones**. **(0,25 puntos)**

En un núcleo atómico, el número de masa total es igual a la suma del número de protones y de neutrones que hay en el núcleo. En este caso, $A = 238 = (\text{n}^\circ \text{ de neutrones}) + 92$. Por tanto, **el n° de neutrones = 146**. **(0,25 puntos)**

- B. Escriba las fórmulas semidesarrolladas de los siguientes compuestos:
- i. Fenilamina.
 - ii. Metil-2-propanol (Metilpropan-2-ol)
 - iii. 1,4-diclorobenceno (*p*-diclorobenceno)
 - iv. Ácido trifluoroacético
 - v. 2-bromo-2-penteno (2-bromopent-2-eno)
 - vi. 2-hidroxi-3-metilpentanal **(1,5 puntos)**

Solución.





QUÍMICA

OPCIÓN B

1. (2,5 puntos)

Para la reacción química a 425 °C $I_2(g) + H_2(g) \rightleftharpoons 2 HI(g)$, $K_c = 54,8$ cuando las concentraciones se expresan en mol L⁻¹. En un recipiente cerrado de 5 L, en el que inicialmente se ha realizado el vacío, se introducen 13 g de I₂, 2,02 g de H₂ y 20,04 g de HI. La mezcla se calienta a 425 °C.

- Indique, de forma razonada, el sentido en el que el sistema evolucionará de forma espontánea para alcanzar el estado de equilibrio. **(1,25 puntos)**
- Calcule el valor de la concentración en el equilibrio de cada una de las sustancias que intervienen en la reacción. **(1,25 puntos)**

Datos. Masas atómicas: I = 126,91 u; H = 1,01 u.

Solución.

- Para determinar el sentido en el que el sistema evolucionará de forma espontánea para alcanzar el estado de equilibrio, es necesario conocer el valor del cociente de reacción, Q_c , en las condiciones iniciales del sistema. La comparación del valor de Q_c con el correspondiente a K_c , permitirá establecer el sentido de la evolución del sistema.

Cálculo del valor de Q_c en las condiciones iniciales.

Para la reacción tal y como está escrita: $I_2(g) + H_2(g) \rightleftharpoons 2 HI(g)$, el valor de Q_c se calcula con la expresión:

$$Q_c = \frac{[HI]_i^2}{[I_2]_i[H_2]_i} \quad \text{(0,25 puntos)}$$

$$[HI]_i = \frac{\frac{20,04 \text{ g de HI}}{127,91 \text{ g mol}^{-1} \text{ de HI}}}{5 \text{ L}} = 0,031 \text{ M} \quad [I_2]_i = \frac{\frac{13,00 \text{ g de } I_2}{253,8 \text{ g mol}^{-1} \text{ de } I_2}}{5 \text{ L}} = 0,01 \text{ M}$$

$$[H_2]_i = \frac{\frac{2,02 \text{ g de } H_2}{2,02 \text{ g mol}^{-1} \text{ de } H_2}}{5 \text{ L}} = 0,2 \text{ M} \quad \text{(0,25 puntos)}$$

$$Q_c = \frac{[HI]_i^2}{[I_2]_i[H_2]_i} = 0,48 \quad \text{(0,25 puntos)}$$

$Q_c < K_c$ **(0,25 puntos)**. El sistema evolucionará de forma espontánea en el sentido en el que aumenta el valor de Q_c , es decir, aquel en el que aumenta la concentración de productos y disminuye la concentración de los reactivos. En consecuencia, la evolución espontánea del sistema se produce de la izquierda hacia la derecha de la reacción química, tal y como está escrita. **(0,25 puntos)**.

- Cambio en las concentraciones de las sustancias que intervienen en la reacción.

	$I_2(g)$	+	$H_2(g)$	\rightleftharpoons	$2 HI(g)$	
Estado inicial (M)	0,01		0,2		0,031	
Reaccionan (M)	- x		- x		+ 2x	(0,25 puntos)
Estado final (M)	0,01 - x		0,2 - x		0,031 + 2 x	(0,25 puntos)



$$K_c = \frac{[\text{HI}]_{\text{eq}}^2}{[\text{I}_2]_{\text{eq}}[\text{H}_2]_{\text{eq}}} \quad (0,25 \text{ puntos})$$

$$K_c = \frac{(0,031+2x)^2}{(0,01-x)(0,2-x)} = 54,8$$

$$x = 9,74 \times 10^{-3} \text{ M} \quad (0,25 \text{ puntos})$$

$$[\text{I}_2]_{\text{eq}} = (0,01 - x) = 2,6 \times 10^{-4} \text{ M}$$

$$[\text{H}_2]_{\text{eq}} = (0,2 - x) = 0,19 \text{ M}$$

$$[\text{HI}]_{\text{eq}} = (0,031 + 2x) = 0,05 \text{ M}$$

(0,25 puntos)



2. (2,5 puntos)

A partir de la notación de la pila galvánica $\text{Ag(s)}|\text{Ag}^+(\text{ac}, 1 \text{ M})||\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{ac}, 1 \text{ M})|\text{Cr}^{3+}(\text{ac}, 1 \text{ M})|\text{Pt}$:

- Escriba las semirreacciones de oxidación y de reducción y la reacción global, ajustadas por el método del ion-electrón en forma iónica. Indique la especie química que actúa como oxidante y la que actúa como reductora durante el funcionamiento espontáneo de la pila. **(1,5 puntos)**
- Dibuje un esquema de la pila en el que estén representadas la semicelda que actúa como ánodo y la que actúa como cátodo, así como el sentido del flujo de electrones durante el funcionamiento de la pila. **(1,0 punto)**

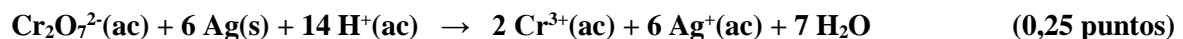
Solución:

i. **Ajuste de las semirreacciones en medio ácido.**



Identifica correctamente la reacción de oxidación y la de reducción. **(0,25 puntos)**

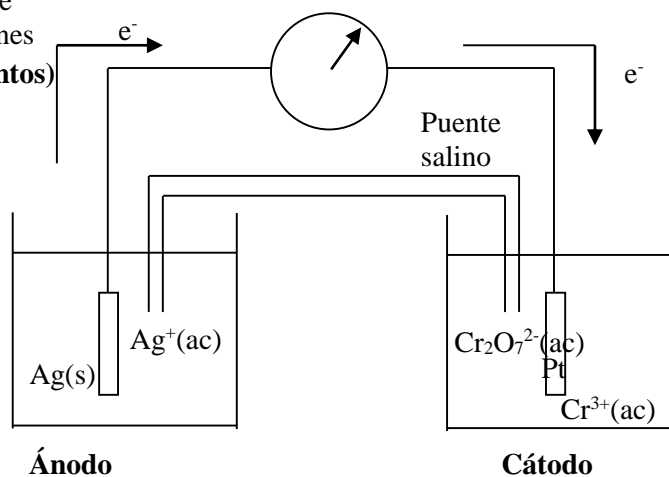
Reacción global:



Como agente oxidante actúa la especie química que se reduce: $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{ac})$ **(0,25 puntos)**

Como agente reductor actúa la especie química que se oxida: Ag(s) **(0,25 puntos)**

ii. Flujo de electrones **(0,25 puntos)**



Identifica y dibuja correctamente el ánodo **(0,25 puntos)**

Identifica y dibuja correctamente el cátodo **(0,25 puntos)**

Dibujo completo bien. **(0,25 puntos)**



3. (1 punto)

Para la determinación del contenido en ácido acético de un vinagre comercial, 10 mL de vinagre se diluyen con agua hasta un volumen final de 35 mL. La neutralización exacta de esta disolución consume 30 mL de disolución acuosa de hidróxido de sodio, NaOH, 0,1 M.

- Calcule la concentración del ácido acético en el vinagre comercial. **(0,75 puntos)**
- Indique el nombre del material de laboratorio que contiene la disolución acuosa de NaOH. **(0,25 puntos)**

Solución:

i.

- Reacción de neutralización.



- En el punto de equivalencia:

$$n(\text{NaOH}) = n(\text{CH}_3\text{COOH}) \quad \text{(0,25 puntos)}$$

$$n(\text{NaOH}) = 0,03 \text{ L disolución} \times \frac{0,1 \text{ moles NaOH}}{1 \text{ L disolución}} = 3,0 \times 10^{-3} \text{ moles de NaOH}$$

- Concentración de CH₃COOH en el vinagre comercial.

$$[\text{CH}_3\text{COOH}]_i = \frac{3,0 \times 10^{-3} \text{ moles de CH}_3\text{COOH}}{0,01 \text{ L disolución}} = 0,3 \text{ M} \quad \text{(0,25 puntos)}$$

ALTERNATIVA.

- Reacción de neutralización.



- En el punto de equivalencia:

$$V_{\text{NaOH}} \times M_{\text{NaOH}} = V_{\text{CH}_3\text{COOH}} \times M_{\text{CH}_3\text{COOH}} \quad \text{(0,25 puntos)}$$

$$0,03 \text{ L disolución} \times \frac{0,1 \text{ moles de NaOH}}{1 \text{ L disolución}} = 0,035 \text{ L disolución (CH}_3\text{COOH)} \times M_{\text{CH}_3\text{COOH}}$$

$$M_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 0,086 \text{ M} \quad \text{en la disolución valorada}$$

En los 10 mL de la disolución inicial:

$$0,035 \text{ L disolución} \times \frac{0,086 \text{ moles CH}_3\text{COOH}}{1 \text{ L disolución}} = 3,0 \times 10^{-3} \text{ moles de CH}_3\text{COOH}$$

$$[\text{CH}_3\text{COOH}]_i = \frac{3,0 \times 10^{-3} \text{ moles de HCl}}{0,01 \text{ L disolución}} = 0,3 \text{ M} \quad \text{(0,25 puntos)}$$

- La disolución acuosa de NaOH se alojaría en **la bureta.** **(0,25 puntos)**



4. (2,0 puntos)

- A. Indique, de forma razonada, el tipo de enlace que formarán los elementos X (grupo 1, período 3) e Y (grupo 16, período 3) cuando se combinen y la fórmula empírica del compuesto formado.

(1,0 punto)

Solución.

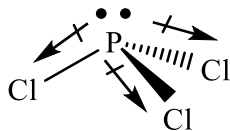
Teniendo en cuenta la posición del elemento X en la tabla periódica, su configuración electrónica de la capa de valencia es $3s^1$. La tendencia del elemento es a formar cationes X^+ para adquirir la configuración electrónica de gas noble (regla del octeto) **(0,25 puntos)**. Teniendo en cuenta la posición del elemento Y en la tabla periódica, su configuración electrónica de la capa de valencia es $3p^4$. La tendencia del elemento es a formar aniones Y^{2-} para adquirir la configuración electrónica de gas noble (regla del octeto) **(0,25 puntos)**. Teniendo en cuenta las tendencias de los elementos a formar iones, es de esperar que el enlace que formen al combinarse sea **iónico (0,25 puntos)** y que la fórmula empírica del compuesto sea **X_2Y (0,25 puntos)**

- B. Los valores de electronegatividad en la escala de Pauling de los átomos de fósforo y de cloro son, respectivamente, 2,1 y 3,0. La molécula PCl_3 presenta una geometría molecular de pirámide trigonal. Dibuje la estructura de la molécula y deduzca, a partir de esta estructura y de los datos suministrados, el carácter polar, o no polar, del PCl_3 .

(1,0 punto)

Solución.

Estructura de la molécula:



Teniendo en cuenta los valores de la electronegatividad para los dos átomos enlazados, el cloro es más electronegativo que el fósforo, por lo que los tres enlaces son polares **(0,25 puntos)**. Dibuja la estructura de la molécula e indica correctamente el sentido de la polaridad de los enlaces **(0,25 puntos)** Para la geometría de la molécula indicada, los momentos dipolares de los enlaces se suman vectorialmente y el momento dipolar total de la molécula es distinto de cero **(0,25 puntos)**. Por tanto, la **molécula es polar (0,25 puntos)**.



5. (2,0 puntos)

A. De los dos conjuntos de números cuánticos (n , l , m_l y m_s) que se indican, identifique, de forma justificada, el que representa correctamente un electrón en un átomo:

i) (3, -2, -1, -1/2); ii) (3, 2, -1, 1/2)

(0,5 puntos)

Solución.

- i) Para el número cuántico principal $n = 3$, los posibles valores de l son positivos e igual a 0, 1, 2. Por tanto la combinación (3, -2, -1, -1/2) no es correcta al presentar un valor de $l = -2$. (0,25 puntos).
- ii) En este conjunto el valor de l es correcto. Para $l = 2$, los posibles valores de m_l son -2, -1, 0, 1, 2. Por tanto, el valor $m_l = -1$ que aparece en el conjunto es correcto, lo mismo que el valor de $m_s = 1/2$. Por tanto, el conjunto (3, 2, -1, 1/2) es el correcto. (0,25 puntos)

B. Escriba las fórmulas semidesarrolladas y nombre tres de los posibles isómeros constitucionales que tienen la fórmula molecular $C_3H_6Cl_2$. (1,5 puntos)

Solución.



SÓLO SE PIDEN TRES DE LOS CUATRO ISÓMEROS POSIBLES.