

A.1 Los iones X^{2+} e Y^{-} presentan las siguientes configuraciones electrónicas: X^{2+} ($1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$) e Y^{-} ($1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$). Responda a las siguientes cuestiones.

- (0,5 puntos) Justifique el número atómico de los elementos X e Y, e indique su posición (periodo y grupo) en el sistema periódico.
- (0,5 puntos) Razone qué elemento, X o Y, tiene mayor radio atómico.
- (0,5 puntos) Indique qué tipo de enlace presenta a temperatura ambiente cada una de las sustancias X e Y por separado.
- (0,5 puntos) Justifique la estequiometría y el tipo de enlace del compuesto que forma el elemento X con el elemento Y.

a) A partir de las configuraciones que nos dan, contamos los electrones y luego sumamos o restamos en función de la carga (sumamos cuando son cationes y restamos cuando son aniones); en X^{2+} como se han quitado 2 electrones, sumamos 2 más para saber cuál es el número atómico del elemento X, luego al tener 18 electrones, es $Z(X) = 20$. Pertenece al periodo 4, grupo 2 o alcalinotérreos.

En el caso de Y^{-} , también tiene 18 electrones, le restamos un electrón y por tanto, $Z(Y) = 17$. Pertenece al periodo 3, grupo 17 o halógenos.

b) si hacemos la configuración del elemento X y del Y:

$X (Z = 20) = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$; $Y (Z = 17) : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ Comprobamos que X tiene su último electrón en una capa más externa que Y y por lo tanto hay menor atracción nuclear y por eso el $r(X) > r(Y)$.

c) El elemento X es un metal y presenta enlace metálico. El elemento Y es un halógeno y formará moléculas diatómicas Y_2 , con enlace covalente.

d) Se unen los iones X^{2+} con el Y^{-} , luego se necesitan 2 iones Y^{-} para compensar las dos cargas positivas de X^{2+} y formar el compuesto XY_2 mediante un enlace iónico.

A.2 A, B, C, D y E son compuestos orgánicos que reaccionan de acuerdo a los siguientes procesos:

- $A + HBr \rightarrow$ 2-bromopropano;
- $B + C \rightarrow$ propanoato de etilo + agua;
- $D +$ oxidante \rightarrow propanona;
- $E + H_2SO_4$ (concentrado) \rightarrow but-2-eno.

- (0,5 puntos) Escriba las fórmulas semidesarrolladas de los productos orgánicos de cada una de las cuatro reacciones del enunciado.
- (0,5 puntos) Identifique, con sus fórmulas semidesarrolladas y su nombre, los compuestos A, B, C, D y E.
- (0,5 puntos) Indique de qué tipo es cada reacción del enunciado.
- (0,5 puntos) Diga si en alguna de estas reacciones se puede obtener más de un producto. Si es así, escriba sus fórmulas semidesarrolladas y nombre dichos compuestos.

- $CH_3-CHBr-CH_3$;
 - $CH_3-CH_2-COO-CH_2-CH_3$;
 - $CH_3-CO-CH_3$;
 - $CH_3-CH=CH-CH_3$.
- A: $CH_2=CH-CH_3$ (propeno).
 - B: CH_3-CH_2-COOH (ácido propanoico);
C: CH_3-CH_2OH (etanol).
 - D: $CH_3-CHOH-CH_3$ (propan-2-ol).
 - E: $CH_3-CHOH-CH_2-CH_3$ (butan-2-ol).

c) i) Adición; ii) Condensación o esterificación; iii) Oxidación; iv) Eliminación o deshidratación.

d) En la reacción i) se podría haber obtenido $\text{CH}_2\text{Br}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$, 1-bromopropano. Compuesto minoritario según la regla de Markovnikov

En la reacción iv) se podría haber obtenido $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$, but-1-eno. Compuesto minoritario según la regla de Saytzeff.

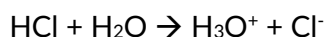
A.3 En un laboratorio se tiene un matraz A, que contiene 15 mL de una disolución acuosa de ácido clorhídrico 0,050 M, y otro matraz B, que contiene 15 mL de una disolución acuosa de ácido acético 0,050 M.

a) (1 punto) Determine el pH de cada disolución por separado.

b) (1 punto) Calcule la cantidad de agua que se debe añadir a la disolución más ácida para que el pH de las dos disoluciones sea el mismo. Suponga volúmenes aditivos.

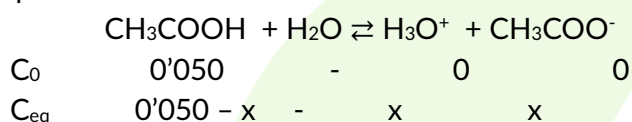
Dato. K_a (ácido acético) = $1,8 \times 10^{-5}$.

a) en el matraz A hay un ácido fuerte, luego se disocia por completo y la $[\text{H}_3\text{O}^+]$ será la misma que la concentración inicial del HCl



Por tanto: $[\text{H}_3\text{O}^+]$ y el pH = $-\log [\text{H}_3\text{O}^+] \rightarrow \text{pH} = -\log 0,050 = 1,30$

En el matraz B, sin embargo tenemos un ácido débil y por tanto la concentración de $[\text{H}_3\text{O}^+]$ no será la misma que la concentración inicial del ácido acético:



Calculamos la $[\text{H}_3\text{O}^+]$ a partir de la ecuación de la K_a :

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \quad 1,8 \cdot 10^{-5} = \frac{x^2}{0,050 - x}$$

Como vemos que el ácido acético es muy débil (su constante es del orden de 10^{-5}) podemos despreciar x frente a 0,050 ya que apenas ha habido disociación.

Nos queda entonces:

$$1,8 \cdot 10^{-5} = \frac{x^2}{0,050} \rightarrow x = \sqrt{1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 0,050} = 9,48 \cdot 10^{-5} \approx 9,5 \cdot 10^{-5}$$

Y el pH es: $\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] \rightarrow \text{pH} = -\log 9,5 \cdot 10^{-5} = 3,02$

b) El matraz A es el que tiene la disolución más ácida.

Lo primero que hacemos es calcular la concentración de protones que se necesitan para tener el pH = 3,02

$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] \rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} \rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-3,02} = 9,55 \cdot 10^{-4}$

A partir de la molaridad y volumen inicial, calculamos los moles que hay en el matraz A originalmente:

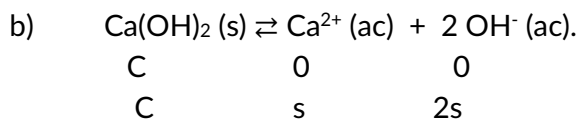
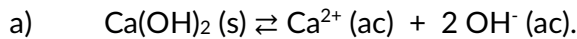
$$M = \frac{n^\circ \text{ moles}}{V} \rightarrow n^\circ \text{ moles} = M \cdot V \rightarrow n^\circ \text{ moles} = 0,050 \text{ M} \cdot 0,015 \text{ L} = 7,5 \cdot 10^{-4} \text{ moles}$$

Y por tanto el volumen que debemos tener para que con esos moles y la molaridad calculada, nos de un pH = 3,02 es:

$$V = \frac{n^{\circ} \text{ moles}}{M} \rightarrow V = \frac{7'5 \cdot 10^{-4} \text{ moles}}{9'55 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}} = 0'785 \approx 0'79 \text{ L}$$

A.4 El pH de una disolución saturada de Ca(OH)_2 en agua pura, a una cierta temperatura, es 9,36.

- (0,5 puntos) Escriba el equilibrio de solubilidad ajustado, detallando el estado de todas las especies.
- (1 punto) Calcule la solubilidad molar del hidróxido de calcio y su producto de solubilidad.
- (0,5 puntos) Si sobre la disolución saturada de Ca(OH)_2 en agua pura se adiciona nitrato de calcio, razone el efecto que produce sobre el equilibrio, la solubilidad y la cantidad de Ca(OH)_2 .



A partir del pH calculamos la $[\text{OH}^{-}]$ ya que $\text{pH} + \text{pOH} = 14$

$$\text{pOH} = 14 - \text{pH} = 14 - 9'36 = 4'64$$

$$[\text{OH}^{-}] = 10^{-\text{pOH}} = 10^{-4'64} = 2'29 \cdot 10^{-5}$$

Ya podemos calcular la solubilidad puesto que $[\text{OH}^{-}] = 2s$

$$s = \frac{[\text{OH}^{-}]}{2} = \frac{2'29 \cdot 10^{-5}}{2} = 1'145 \cdot 10^{-5} \approx 1'15 \cdot 10^{-5} \text{ M}$$

El producto de solubilidad es:

$$K_s = s \cdot (2s)^2 = 4s^3 = 4 \cdot (1'15 \cdot 10^{-5})^3 = 6'08 \cdot 10^{-15} \approx 6'1 \cdot 10^{-15} \text{ M}^3$$

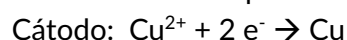
c) Al adicionar CaNO_3 , lo que está ocurriendo es que aumenta la $[\text{Ca}^{2+}]$, se produce el efecto del ion común y en este caso, según Le Chatelier, el equilibrio se desplaza hacia los reactivos (Ca(OH)_2) y por lo tanto aumenta la concentración del hidróxido de calcio y disminuye la solubilidad

A.5 Para depositar totalmente el cobre en una célula electrolítica que contiene 800 mL de una disolución acuosa de sulfato de cobre(II), se hace pasar una corriente de 1,50 A durante 3 horas.

- (0,5 puntos) Escriba la reacción que tiene lugar en el cátodo.
- (0,75 puntos) Calcule los gramos de cobre depositados.
- (0,75 puntos) Una vez depositado todo el cobre, calcule el pH de la disolución, sabiendo que la reacción que tiene lugar es: $2 \text{Cu}^{2+} (\text{ac}) + 2 \text{H}_2\text{O} (\text{l}) \rightarrow 2 \text{Cu} (\text{s}) + \text{O}_2 (\text{g}) + 4 \text{H}^{+}$. Suponga que al finalizar la electrólisis el volumen de la disolución se ha mantenido constante y que en el H_2SO_4 se disocian completamente los dos protones.

Datos. $F = 96485 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$. Masa atómica (u): $\text{Cu} = 63,5$.

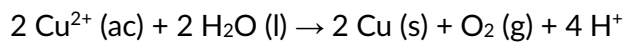
a) Partimos de sulfato de cobre (II) (CuSO_4) y como estamos en una célula electrolítica, se obtendrá $\text{Cu} (\text{s})$ tras su reducción, por tanto la reacción que tiene lugar en el cátodo es



b) Utilizando la Ley de Faraday:

$$m (\text{Cu despositado}) = \frac{I \times t \times M_a}{z \times F} = \frac{1'50 \text{ A} \cdot (3 \cdot 3600 \text{ s}) \cdot 63'5 \text{ g/mol}}{2 \cdot 96485 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}} = 5'33 \text{ gr}$$

c) Si partimos de la reacción del enunciado



Vemos que la estequiometría es $1 \text{Cu}^{2+} : 2 \text{H}^+$

Si calculamos la $[\text{Cu}^{2+}]$ podemos calcular la $[\text{H}^+]$ y con ella el pH de la disolución

$$[\text{Cu}^{2+}] = \frac{n^{\circ} \text{ moles}}{V} = \frac{\text{masa}}{\frac{M.a.}{V}} \rightarrow [\text{Cu}^{2+}] = \frac{5'33 \text{gr}}{\frac{63'5 \text{gr/mol}}{0'800 \text{L}}} = 0'105 \text{M}$$

$$[\text{H}^+] = 2 \times 0'105 = 0'210 \text{M}$$

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] \rightarrow \text{pH} = -\log 0'21 = 0'678$$

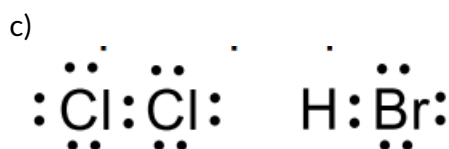


B.1 Considere las sustancias Cl_2 , HBr , Fe y KI .

- (0,5 puntos) Indique el tipo de enlace que presenta cada una de ellas.
- (0,5 puntos) Justifique si conducen la corriente eléctrica a temperatura ambiente.
- (0,5 puntos) Escriba las estructuras de Lewis de aquellas que sean covalentes.
- (0,5 puntos) Justifique si cada una de ellas es soluble en agua o no.

a) El Cl_2 y el HBr presentan enlace covalente; el Fe presenta enlace metálico y el KI presenta enlace iónico.

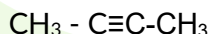
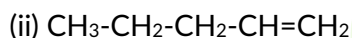
b) A temperatura ambiente solo conduce la electricidad el Fe que es el único metal. Los compuestos covalente no son conductores de la electricidad y el compuesto iónico tampoco conduce la corriente eléctrica porque al estar a temperatura ambiente, está en forma sólida y por tanto sus iones están fuertemente unidos.



d) El Cl_2 es apolar, luego no es soluble en agua, lo mismo que el Fe por ser un metal. Son solubles en agua el HBr , que aunque es un compuesto covalente es polar y por lo tanto soluble en agua; y el compuesto iónico, el KI .

B.2 Considere los pares de compuestos siguientes: (i) etanoato de etilo y ácido butanoico; (ii) pent-1-eno y ciclopentano; (iii) but-1-eno y but-2-ino.

- (1 punto) Escriba las fórmulas semidesarrolladas de los seis compuestos.
- (0,5 puntos) Razone si alguno de los pares corresponde a dos compuestos isómeros. En caso afirmativo, indique de qué tipo de isómeros se trata.
- (0,5 puntos) Indique si cada uno de los compuestos del par (ii) reaccionará con agua en medio ácido. En caso afirmativo, formule y nombre el producto mayoritario de la reacción.



b) En el par (i) la fórmula molecular de los compuestos es $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$, luego son isómeros y en este caso de función.

En el par (ii) también la fórmula molecular es la misma, C_5H_{10} ; por tanto también son isómeros también de función porque cambian de ser un alqueno a un cicloalcano.

Los compuestos del par (iii) no son isómeros, uno tiene como fórmula C_4H_8 y el otro es C_4H_6

c) Solo podrá reaccionar el alqueno, el 1-penteno. Se producirán dos compuestos siendo el mayoritario el pentan-2-ol, $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CHOH-CH}_3$

B.3 Se preparan disoluciones acuosas de igual concentración de las especies: ácido nítrico, cloruro de potasio, cloruro de amonio e hidróxido de potasio. Responda razonadamente a las siguientes cuestiones:

- (0,5 puntos) ¿Qué disolución tiene mayor pH?
 - (0,5 puntos) ¿Qué disolución no cambia su pH al diluirla con agua?
 - (0,5 puntos) ¿Qué reacción se producirá al mezclar volúmenes iguales de las disoluciones de cloruro de amonio y de hidróxido de potasio?
 - (0,5 puntos) El pH de la disolución formada en el apartado c), ¿será ácido, básico o neutro?
- Dato. $K_a(\text{NH}_4^+) = 6,7 \times 10^{-10}$.

Formulamos los compuestos: HNO_3 ; KCl ; NH_4Cl ; KOH

a) La disolución que tiene el pH mayor es la base, el KOH .

b) No cambia la de KCl porque es una sal que procede de un ácido y una base fuertes y sus conjugados no se hidrolizan

c) $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{KOH} \rightarrow \text{NH}_4\text{OH} + \text{KCl}$ también se puede producir $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{KOH} \rightarrow \text{NH}_3 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$

d) En cualquiera de las reacciones que nos salen del apartado anterior, el pH será básico.

En el primer caso se forma una base NH_4OH y en el segundo caso se forma NH_3 , que también es una base.

Y en ambos casos se forma KCl que al proceder de un ácido fuerte y de una base fuerte, en este caso nos da una disolución neutra

B.4 En un matraz de 3,00 L se introducen 4,38 g de C_2H_6 . Se calienta a 627°C y se da el proceso:

$\text{C}_2\text{H}_6(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$, cuya K_p vale 0,050. Calcule:

- (0,5 puntos) La presión inicial de C_2H_6 .
- (0,5 puntos) El valor de K_c .
- (1 punto) Las concentraciones de todos los gases en el equilibrio.

Datos. $R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$. Masas atómicas (u): $\text{H} = 1,0$; $\text{C} = 12,0$.

a) Calculamos los moles iniciales del C_2H_6 y a partir de la ecuación de los gases ideales podemos calcular la presión.

$$M_m \text{C}_2\text{H}_6 = (12 \times 2) + (1 \times 6) = 30 \text{ gr/mol}$$

$$n^{\circ} \text{ moles} = \frac{\text{masa (g)}}{M_n} \rightarrow n^{\circ} \text{ moles} = \frac{4,38 \text{ gr}}{30 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0,146 \text{ mol}$$

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \rightarrow P = \frac{n \cdot R \cdot T}{V} \rightarrow n^{\circ} \text{ moles} = \frac{0,146 \text{ mol} \cdot 0,082 \text{ atm L mol}^{-1} \text{K}^{-1} \cdot 900 \text{ K}}{3,00 \text{ L}} = 3,6 \text{ atm}$$

b) Como tenemos el valor de K_p , podemos calcular K_c a partir de la ecuación que relaciona ambas constantes:

$$K_p = K_c (R \cdot T)^{\Delta n} \rightarrow K_c = K_p (R \cdot T)^{-\Delta n} \rightarrow K_c = 0,050 (0,082 \cdot 900)^{-1} = 6,77 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

c) $\text{C}_2\text{H}_6(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$

n_0	0,146	0	0
n_{eq}	0,146 - x	x	x

$$K_c = \frac{[C_2H_4][H_2]}{[C_2H_6]} \rightarrow 6'77 \cdot 10^{-4} = \frac{\frac{x^2}{9'0}}{\frac{0'146-x}{3'0}} \rightarrow x^2 + 2'03 \cdot 10^{-3} - 2'965 \cdot 10^{-4} = 0$$

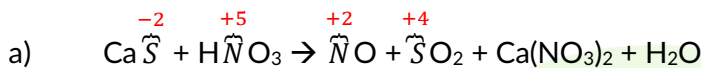
Donde $x = 0'016 \text{ mol}$

Las concentraciones son: $[C_2H_6] = \frac{0'146-0'016}{3'0} = 0'043 \text{ M}$; $[C_2H_4] = [H_2] = \frac{0'016}{3} = 0'0053 \text{ M}$

B.5 Una muestra que contiene sulfuro de calcio se trata con ácido nítrico concentrado hasta reacción completa, según: $\text{CaS} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{NO} + \text{SO}_2 + \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$

- a) (1 punto) Escriba y ajuste por el método del ion electrón las reacciones de oxidación, reducción, iónica y molecular.
- b) (1 punto) Sabiendo que al tratar 35 g de la muestra con exceso de ácido se obtienen 20,3 L de NO, medidos a 30 °C y 780 mm Hg, calcule la riqueza en CaS de la muestra.

Datos. Masas atómicas (u): S = 32; Ca = 40. R = 0,082 atm·L·mol⁻¹·K⁻¹.



Semirreacción de oxidación: $\text{S}^{-2} + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SO}_2 + 6 \text{e}^- + 4 \text{H}^+$

Semirreacción de reducción: $(\text{NO}_3^- + 4 \text{H}^+ + 3 \text{e}^- \rightarrow \text{NO} + 2 \text{H}_2\text{O}) \times 2$

Reacción iónica neta: $\text{S}^{-2} + 4 \text{H}^+ + 2 \text{NO}_3^- \rightarrow 2 \text{NO} + \text{SO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$

Reacción molecular: $\text{CaS} + 4 \text{HNO}_3 \rightarrow 2 \text{NO} + \text{SO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$

b) Calculamos el nº de moles de NO que se obtienen a la presión y temperatura que nos dan en el ejercicio:

$$n = \frac{P \cdot V}{R \cdot T} \rightarrow n = \frac{\frac{780}{760} \text{ atm} \cdot 20'3 \text{ L}}{0'082 \text{ atm L mol}^{-1} \text{K}^{-1} \cdot 303 \text{ K}} = 0'84 \text{ mol}$$

Por estequiometría vemos que 1 mol CaS : 2 mol NO

$$\frac{1 \text{ mol CaS}}{2 \text{ mol NO}} = \frac{x}{0'84 \text{ mol}} \rightarrow \text{moles de CaS} = 0'42 \text{ mol}$$

Calculamos la masa de CaS pura que se espera :

$m \text{ CaS} = n^\circ \text{ moles CaS} \times M_m \text{ CaS} \rightarrow m \text{ CaS} = 0'42 \text{ mol} \cdot 72 \text{ gr/mol} = 30 \text{ gr}$

Calculaos ahora la riqueza de la muestra:

$$\text{Riqueza} = \frac{\text{masa CaS puro}}{\text{masa CaS de la muestra}} \cdot 100 \rightarrow R = \frac{30 \text{ gr}}{35 \text{ gr}} \cdot 100 = 85'71\% \approx 86 \%$$