

PUNTUACIÓN QUE SE OTORGARÁ A ESTE EJERCICIO: (véanse las distintas partes del examen)

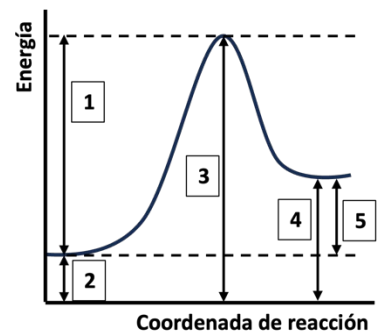
Responda a 5 preguntas cualesquiera de entre las 10 propuestas. La calificación máxima de cada pregunta es de 2 puntos.

- (2 puntos)** Dados los elementos químicos A, B y C con números atómicos 12, 17 y 30, respectivamente, responda a las siguientes cuestiones de forma razonada:

  - Escriba sus configuraciones electrónicas, identifíquelos e indique a qué grupo y periodo pertenecen. (0,75 puntos)
  - De los tres elementos, razone cuál tendrá un menor radio atómico y cuál será el más electronegativo. (0,5 puntos)
  - Justifique qué tipo de enlace (iónico, covalente o metálico) dará lugar a la unión de A-B, B-B y C-C. ¿Cuál será la fórmula del compuesto resultante entre A y B? (0,75 puntos)
- (2 puntos)** Razone si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:

  - En un átomo, el número máximo de electrones que pueden tener un valor de 3 en su número cuántico principal ( $n$ ) es 8. (0,5 puntos)
  - Una disolución acuosa de KI es capaz de conducir la corriente eléctrica. (0,5 puntos)
  - En la molécula de  $\text{NH}_3$  el nitrógeno tiene dos pares de electrones no compartidos, por lo que la geometría de la molécula es trigonal plana. (0,5 puntos)
  - La hibridación del átomo de B de la molécula de  $\text{BCl}_3$  es  $sp^2$ . (0,5 puntos)
- (2 puntos)** Observe el siguiente diagrama de energía potencial para una reacción química, y conteste razonadamente a las preguntas:

  - ¿Qué intervalo de energía de los mostrados corresponde a la energía de activación de la reacción? (0,3 puntos)
  - Indique qué intervalos de energía se verán afectados al usar un catalizador. ¿Qué efecto tendrá el catalizador en la velocidad de la reacción? (0,7 puntos)
  - ¿Cuál será el efecto que producirá en la velocidad de la reacción un aumento de la temperatura? (0,3 puntos)
  - Según este mismo diagrama, ¿qué intervalo de energía nos proporciona la  $\Delta H$  de la reacción? Razone si la reacción es exotérmica o endotérmica. (0,7 puntos)



- (2 puntos)** Se dispone de una botella de una disolución de  $\text{HClO}_4$  (ácido fuerte) que tiene una riqueza en masa del 55% y una densidad de 1,5 g/mL.

  - Si se toman 2 mL de la disolución de la botella, ¿hasta qué volumen habrá que diluirlos para que el pH de la disolución sea 2? (1 punto)
  - ¿Cuántos mL de una disolución 0,2 M de NaOH habrá que añadir para neutralizar 30 mL de la disolución obtenida en el apartado anterior? Justifique el pH (ácido, básico o neutro) de la disolución neutralizada. (1 punto)

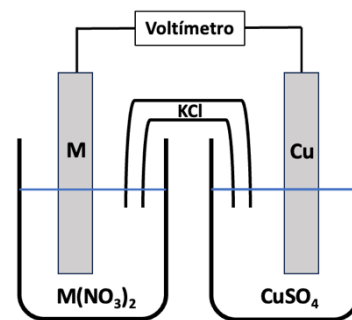
Masas atómicas: Cl = 35,5; O = 16; H = 1.

- (2 puntos)** Considere la siguiente reacción química:

$$\text{MnCl}_2 + \text{KBiO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{KMnO}_4 + \text{BiCl}_3 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$$
  - Escriba y ajuste la ecuación iónica por el método del ion-electrón y escriba la ecuación molecular completa. Indique el agente oxidante y el reductor. (1 punto)
  - ¿Cuántos gramos de  $\text{KBiO}_3$  son necesarios para reaccionar con 20 mL de una disolución 0,5 M de  $\text{MnCl}_2$ ? ¿Cuál será el rendimiento de la reacción sabiendo que se han obtenido 0,85 g de KCl? (1 punto)

Masas atómicas: Cl = 35,5; K = 39; Bi = 209; O = 16.

6. (2 puntos) Un estudiante construye la pila galvánica que se muestra en la figura en la que uno de los electrodos está formado por una barra de un metal M desconocido sumergido en una disolución de este mismo metal de fórmula  $M(NO_3)_2$ . El potencial de la pila resultante es de +0,78V. En otro experimento adicional, el estudiante sumerge una barra del metal M en una disolución de  $CuSO_4$  y observa que empieza a formarse cobre sólido sobre la barra de M.



Con la información disponible de los dos experimentos, conteste razonadamente a las siguientes cuestiones:

- Indique la reacción química que tiene lugar en cada uno de los electrodos de la pila galvánica. (0,75 puntos)
- ¿Cuál es el valor del potencial estándar de reducción para el metal M? ¿Qué metal es probable que sea M? (0,5 puntos)
- ¿Qué electrodo de la pila actúa como ánodo y cuál como cátodo? Indique el sentido en el que se moverán los electrones. (0,75 puntos)

Datos:  $\varepsilon^\circ(Cu^{2+}/Cu) = +0,34 V$ ;  $\varepsilon^\circ(Fe^{2+}/Fe) = -0,44 V$ ;  $\varepsilon^\circ(Zn^{2+}/Zn) = -0,76 V$ ;  $\varepsilon^\circ(Ni^{2+}/Ni) = -0,25 V$

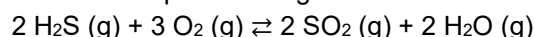
7. (2 puntos) En la fermentación anaerobia (en ausencia de oxígeno) de una cierta cantidad de glucosa sólida ( $C_6H_{12}O_6$ ), a presión de una atmósfera y 298 K, se liberan 1692,5 kJ de calor. En dicha fermentación, la glucosa se convierte en etanol ( $C_2H_5OH$ ) líquido, desprendiéndose además dióxido de carbono.

- Escriba y ajuste la ecuación de fermentación de la glucosa y calcule la entalpía molar de la reacción. (0,8 puntos)
- ¿Cuántos kilos de glucosa se han fermentado para liberar ese calor? Calcule también la masa de etanol que se ha obtenido en esa fermentación. (0,8 puntos)
- Si la variación de entropía ( $\Delta S^\circ_r$ ) de la fermentación de glucosa es  $536,9 J \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$ , calcule la variación de la energía libre de Gibbs ( $\Delta G^\circ_r$ ) en las condiciones de fermentación, indicando si el proceso será espontáneo. (0,4 puntos)

Datos:  $\Delta H^\circ_f$  (kJ  $\cdot mol^{-1}$ ):  $C_6H_{12}O_6$  (s) = -1273,3;  $C_2H_5OH$  (l) = -277;  $CO_2$  (g) = -393,5.

Masas atómicas: H = 1; C = 12; O = 16.

8. (2 puntos) En un recipiente cerrado se introducen 1 mol de  $H_2S$  y 2 moles de  $O_2$  y se calientan hasta 400 K. A esa temperatura la reacción que tiene lugar es:

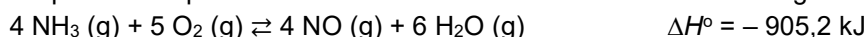


Una vez que se ha alcanzado el equilibrio, la presión parcial del  $H_2O$  es de 7,2 atm y la presión total es de 29,2 atm. Calcule:

- Los moles de cada sustancia en el equilibrio y el volumen del recipiente. (1,25 puntos)
- El valor de las constantes  $K_c$  y de  $K_p$  para este equilibrio. (0,75 puntos)

Dato:  $R = 0,082 atm L mol^{-1} K^{-1}$ .

9. (2 puntos) Una forma de producción de ácido nítrico transcurre a través del proceso Ostwald. En la primera etapa de este proceso el amoníaco se oxida a monóxido de nitrógeno:



- Para poder obtener una mayor cantidad de NO, ¿podemos aumentar la temperatura? ¿generaríamos más NO al duplicar el volumen del reactor? Conteste razonadamente. (1 punto)
- Explique el efecto que tendría en la reacción el ir retirando el  $H_2O$  a la vez que se va formando. (0,5 puntos)
- Razone cómo afectaría al equilibrio la adición de un catalizador. (0,5 puntos)

10. (2 puntos) La solubilidad del  $Cu(OH)_2$  en agua es de  $3,33 \cdot 10^{-5} g/L$  a 298K.

- Escriba el equilibrio de solubilidad del hidróxido de cobre y determine el valor de su producto de solubilidad. (0,8 puntos)
- ¿Cuál será el pH de una disolución saturada de  $Cu(OH)_2$ ? (0,4 puntos)
- Calcule la solubilidad del  $Cu(OH)_2$  (en g/mL) en una disolución 0,5 M de NaOH. (0,8 puntos)

Masas atómicas: H = 1; Cu = 63,5; O = 16.

### CRITERIOS ESPECÍFICOS DE CORRECCIÓN

- Las puntuaciones máximas figuran en los apartados de cada pregunta y sólo se podrán alcanzar cuando la solución sea correcta y el resultado esté convenientemente razonado.
  - En los problemas donde haya que resolver varios apartados en los que la solución numérica obtenida en uno de ellos sea imprescindible para resolver el siguiente, se puntuará éste independientemente del resultado anterior, salvo que el resultado sea incoherente.
  - En caso de error algebraico sólo se penalizará gravemente una solución incorrecta cuando sea incoherente; si la solución es coherente, el error se penalizará con 0,25 puntos como máximo.
  - Se exigirá que los resultados de los distintos ejercicios sean obtenidos paso a paso y que estén debidamente razonados.
  - Los errores de formulación se podrán penalizar con hasta 0,25 puntos por fórmula, pero en ningún caso se podrá obtener una puntuación negativa.
1. (**2 puntos**) Dados los elementos químicos A, B y C con números atómicos 12, 17 y 30, respectivamente, responda a las siguientes cuestiones de forma razonada:
- Escriba sus configuraciones electrónicas, identifíquelos e indique a qué grupo y periodo pertenecen. (0,75 puntos)
  - De los tres elementos, razone cuál tendrá un menor radio atómico y cuál será el más electronegativo. (0,5 puntos)
  - Justifique qué tipo de enlace (iónico, covalente o metálico) dará lugar a la unión de A-B, B-B y C-C. ¿Cuál será la fórmula del compuesto resultante entre A y B? (0,75 puntos)

### RESPUESTA

- a) **A**  $\Rightarrow$   $Z = 12$       Elemento: magnesio, Mg. Grupo 2. Periodo 3.      **(0,15 puntos)**  
Mg =  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$       **(0,1 puntos)**
- B**  $\Rightarrow$   $Z = 17$       Elemento: cloro, Cl. Grupo 17. Periodo 3.      **(0,15 puntos)**  
Cl =  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$       **(0,1 puntos)**
- C**  $\Rightarrow$   $Z = 30$       Elemento: cinc, Zn. Grupo 12. Periodo 4.      **(0,15 puntos)**  
Zn =  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2$       **(0,1 puntos)**

**Nota:** La configuración electrónica Zn =  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10}$  también es correcta.

- b) El radio atómico aumenta al bajar en un grupo y disminuye al avanzar en un periodo dentro de la tabla periódica. El Cl está al final del tercer periodo, así que será el elemento de menor radio atómico. **(0,25 puntos)**  
La electronegatividad disminuye al bajar en un grupo y aumenta al avanzar en un periodo dentro de la tabla periódica. En este caso, será también el Cl el elemento más electronegativo. **(0,25 puntos)**
- c) **A-B**  $\Rightarrow$  El Cl es un no metal y el Mg es un metal alcalinotérreo, por lo tanto, se combinarán dando un compuesto iónico. El Mg cederá dos electrones a dos átomos de Cl, para que ambos lleguen a la configuración más estable de gas noble ( $ns^2 np^6$ ). El enlace iónico se forma por la atracción electrostática entre los cationes  $Mg^{2+}$  y los aniones  $Cl^-$ . **(0,2 puntos)**  
Fórmula del compuesto entre A y B: Por la explicación que se acaba de dar de su tipo de enlace, el compuesto será el  $MgCl_2$ . **(0,15 puntos)**
- B-B**  $\Rightarrow$  El enlace Cl-Cl será un enlace covalente, pues está establecido entre dos átomos no metálicos iguales que compartirán electrones para llegar a la configuración de gas noble. **(0,2 puntos)**
- C-C**  $\Rightarrow$  El enlace Zn-Zn será un enlace metálico y formarán una red catiónica cristalina donde los electrones se moverán por todo el cristal en forma de nube electrónica. **(0,2 puntos)**

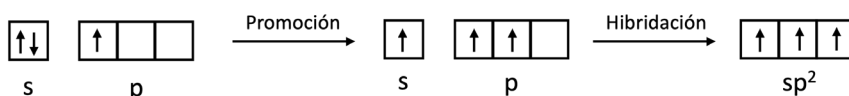
2. (2 puntos) Razone si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:
- En un átomo, el número máximo de electrones que pueden tener un valor de 3 en su número cuántico principal ( $n$ ) es 8. (0,5 puntos)
  - Una disolución acuosa de KI es capaz de conducir la corriente eléctrica. (0,5 puntos)
  - En la molécula de  $\text{NH}_3$  el nitrógeno tiene dos pares de electrones no compartidos, por lo que la geometría de la molécula es trigonal plana. (0,5 puntos)
  - La hibridación del átomo de B de la molécula de  $\text{BCl}_3$  es  $sp^2$ . (0,5 puntos)

RESPUESTA

- Falso.** En el nivel 3 ( $n = 3$ ), el número cuántico secundario o azimutal ( $l$ ) puede tener los valores 0, 1 y 2, correspondientes a los orbitales s, p y d.  
 $s \Rightarrow 1$  orbital  $\Rightarrow 2$  electrones  
 $p \Rightarrow 3$  orbitales ( $m_l = -1, 0$  y  $1$ )  $\Rightarrow 6$  electrones  
 $d \Rightarrow 5$  orbitales ( $m_l = -2, -1, 0, 1$  y  $2$ )  $\Rightarrow 10$  electrones  
 Por lo tanto, con un número cuántico  $n = 3$  podrá haber un máximo de 18 electrones. (0,5 puntos)
- Verdadero.** El KI es un sólido iónico que en estado sólido forma una red iónica cristalina con los electrones localizados por lo que no conduce la electricidad, sin embargo, en estado fundido o en disolución, la red iónica se rompe, los iones quedan libres y permiten el paso de los electrones a través de ellos, siendo capaz de conducir la electricidad. (0,5 puntos)
- Falso.** La configuración electrónica del nitrógeno es  $[\text{He}] 2s^2 2p^3$ , por lo que tiene 5 electrones de valencia. El átomo de N comparte 3 electrones con los átomos de H y le queda un par de electrones libre, no dos (0,25 puntos). Los 4 pares de electrones se distribuyen de modo que la repulsión entre ellos sea mínima, y al tener un par de electrones libres, la geometría de la molécula es de pirámide trigonal. (0,25 puntos).

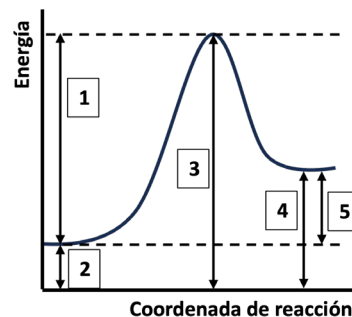


- Verdadero.** El B tiene una configuración electrónica con un electrón desapareado ( $1s^2 2s^2 2p^1$ ) y para que pueda formar tres enlaces con los cloros necesita promocionar un electrón de un orbital s a uno p vacío. Para que los enlaces sean iguales se produce una hibridación del orbital 2s y los dos 2p, dando lugar a tres orbitales híbridos  $sp^2$  semiocupados que serán los que formarán enlace con los cloros. (0,5 puntos)



3. (2 puntos) Observe el siguiente diagrama de energía potencial para una reacción química, y conteste razonadamente a las preguntas:

- ¿Qué intervalo de energía de los mostrados corresponde a la energía de activación de la reacción? (0,3 puntos)
- Indique qué intervalos de energía se verán afectados al usar un catalizador. ¿Qué efecto tendrá el catalizador en la velocidad de la reacción? (0,7 puntos)
- ¿Cuál será el efecto que producirá en la velocidad de la reacción un aumento de la temperatura? (0,3 puntos)
- Según este mismo diagrama, ¿qué intervalo de energía nos proporciona la  $\Delta H$  de la reacción? Razone si la reacción es exotérmica o endotérmica. (0,7 puntos)



## RESPUESTA

- a) El intervalo que se corresponde con la energía de activación de la reacción es el intervalo 1, que es la diferencia de energía entre el complejo activado (estado de transición), que es un máximo de energía, y los reactivos. **(0,3 puntos)**
- b) Un catalizador crea un nuevo camino de reacción en el que la energía de activación es menor que la original, ya que reduce el máximo de energía. Así, los intervalos que incluyan la energía de ese punto máximo se verán afectados, en este caso, el intervalo 1 y el intervalo 3. **(0,4 puntos)**  
Al añadir un catalizador la energía de activación disminuye, por lo que la velocidad de la reacción aumentará. **(0,3 puntos)**
- c) Al aumentar la temperatura se producirá un aumento de la energía cinética de las moléculas, por lo que habrá un aumento del número de choques efectivos, haciendo que aumente la velocidad de la reacción. (También se puede explicar usando la ecuación de Arrhenius). **(0,3 puntos)**
- d) La entalpía de la reacción es la diferencia de energías entre los productos y los reactivos, y el intervalo que lo muestra en el diagrama es el intervalo 5. **(0,35 puntos)**  
La energía de los productos es más alta que la de los reactivos,  $\Delta H_r > 0$ , por lo que la reacción mostrada en el diagrama es endotérmica. **(0,35 puntos)**

4. **(2 puntos)** Se dispone de una botella de una disolución de  $\text{HClO}_4$  (ácido fuerte) que tiene una riqueza en masa del 55% y una densidad de 1,5 g/mL.

- a) Si se toman 2 mL de la disolución de la botella, ¿hasta qué volumen habrá que diluirlos para que el pH de la disolución sea 2? **(1 punto)**
- b) ¿Cuántos mL de una disolución 0,2 M de NaOH habrá que añadir para neutralizar 30 mL de la disolución obtenida en el apartado anterior? Justifique el pH (ácido, básico o neutro) de la disolución neutralizada. **(1 punto)**

Masas atómicas: Cl = 35,5; O = 16; H = 1.

## RESPUESTA

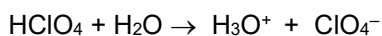
- a) Cálculo de los moles de  $\text{HClO}_4$ : **(0,5 puntos)**

$$2 \text{ mL disolución} \times \frac{1,5 \text{ g disolución}}{1 \text{ mL disolución}} \times \frac{55 \text{ g HClO}_4}{100 \text{ g disolución}} \times \frac{1 \text{ mol HClO}_4}{100,5 \text{ g HClO}_4} = 0,016 \text{ mol de HClO}_4$$

Cálculo de la concentración de  $\text{H}_3\text{O}^+$  necesaria: **(0,2 puntos)**

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] \Rightarrow 2 = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 0,01 \text{ M}$$

Cálculo del volumen necesario:



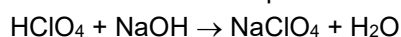
Como el  $\text{HClO}_4$  es un ácido fuerte se cumple que  $[\text{HClO}_4] = [\text{H}_3\text{O}^+] = 0,01 \text{ M}$  **(0,1 puntos)**

$$[\text{HClO}_4] = 0,01 \text{ M} = \frac{0,016 \text{ moles HClO}_4}{V} \Rightarrow V = 1,6 \text{ L} \quad \textbf{(0,2 puntos)}$$

- b) Cálculo de los moles de  $\text{HClO}_4$ :

$$0,01 \text{ M} = n / 0,03 \text{ L} \Rightarrow n = 3 \cdot 10^{-4} \text{ moles de HClO}_4 \quad \textbf{(0,15 puntos)}$$

Moles de NaOH necesarios para la neutralización: **(0,15 puntos)**



1 mol de  $\text{HClO}_4$  reacciona con 1 mol de NaOH, por lo que se necesitarán  $3 \cdot 10^{-4}$  moles de NaOH para neutralizar el HCl.

Volumen de disolución de NaOH:

$$0,2 \text{ M} = \frac{3 \times 10^{-4} \text{ moles NaOH}}{V} \Rightarrow V = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ L} = 1,5 \text{ mL} \quad (0,2 \text{ puntos})$$

pH de la disolución neutralizada:



El catión  $\text{Na}^+$  procede de una base fuerte y no se hidroliza. El anión  $\text{ClO}_4^-$  procede de un ácido fuerte y no se hidroliza. La disolución, por tanto, tendrá un pH neutro (pH = 7). (0,5 puntos)

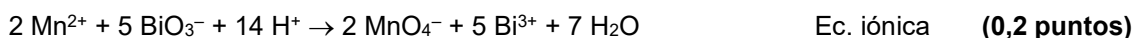
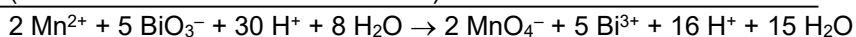
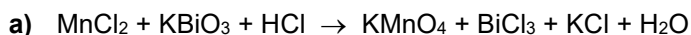
5. (2 puntos) Considere la siguiente reacción química:



- a) Escriba y ajuste la ecuación iónica por el método del ion-electrón y escriba la ecuación molecular completa. Indique el agente oxidante y el reductor. (1 punto)
- b) ¿Cuántos gramos de  $\text{KBiO}_3$  son necesarios para reaccionar con 20 mL de una disolución 0,5 M de  $\text{MnCl}_2$ ? ¿Cuál será el rendimiento de la reacción sabiendo que se han obtenido 0,85 g de  $\text{KCl}$ ? (1 punto)

Masas atómicas: Cl = 35,5; K = 39; Bi = 209; O = 16.

### RESPUESTA



El  $\text{Mn}^{2+}$  pierde electrones, se oxida, por tanto, es el agente reductor. (0,1 puntos)

El  $\text{BiO}_3^-$  gana electrones, se reduce, por tanto, es el agente oxidante. (0,1 puntos)

b) Cálculo de los moles de  $\text{MnCl}_2$ :

$$n = 0,02 \text{ L} \cdot 0,5 \text{ M} = 0,01 \text{ moles de MnCl}_2 \quad (0,1 \text{ puntos})$$

Cálculo de los moles de  $\text{KBiO}_3$ :

$$0,01 \text{ mol MnCl}_2 \times \frac{5 \text{ mol KBiO}_3}{2 \text{ mol MnCl}_2} = 0,025 \text{ mol KBiO}_3 \quad (0,25 \text{ puntos})$$

Cálculo de los gramos de  $\text{KBiO}_3$ :

$$0,025 \text{ mol KBiO}_3 \cdot 296 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 7,4 \text{ g de KBiO}_3 \quad (0,1 \text{ puntos})$$

Cálculo de los moles de  $\text{KCl}$  máximos partiendo de los moles de  $\text{MnCl}_2$  (podrían usarse también los moles de  $\text{KBiO}_3$ ):

$$0,01 \text{ mol MnCl}_2 \times \frac{3 \text{ mol KCl}}{2 \text{ mol MnCl}_2} = 0,015 \text{ mol KCl como máximo} \quad (0,25 \text{ puntos})$$

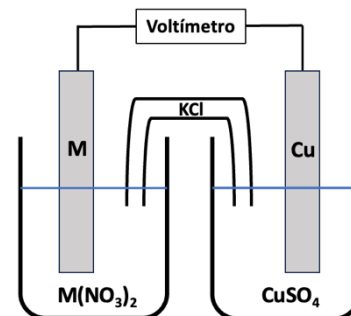
Moles de  $\text{KCl}$  obtenidos:

$$n = 0,85 \text{ g} / 74,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0,0114 \text{ mol de KCl} \quad (0,1 \text{ puntos})$$

Rendimiento de la reacción:

$$\% \text{ rdto} = \frac{0,0114 \text{ mol KCl obtenidos}}{0,015 \text{ mol KCl máximo}} \times 100 = 76 \% \quad (0,2 \text{ puntos})$$

6. **(2 puntos)** Un estudiante construye la pila galvánica que se muestra en la figura en la que uno de los electrodos está formado por una barra de un metal M desconocido sumergido en una disolución de este mismo metal de fórmula  $M(NO_3)_2$ . El potencial de la pila resultante es de +0,78V.



En otro experimento adicional, el estudiante sumerge una barra del metal M en una disolución de  $CuSO_4$  y observa que empieza a formarse cobre sólido sobre la barra de M.

Con la información disponible de los dos experimentos, conteste razonadamente a las siguientes cuestiones:

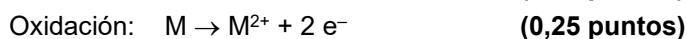
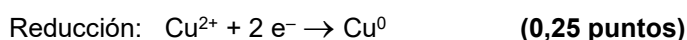
- Indique la reacción química que tiene lugar en cada uno de los electrodos de la pila galvánica. **(0,75 puntos)**
- ¿Cuál es el valor del potencial estándar de reducción para el metal M? ¿Qué metal es probable que sea M? **(0,5 puntos)**
- ¿Qué electrodo de la pila actúa como ánodo y cuál como cátodo? Indique el sentido en el que se moverán los electrones. **(0,75 puntos)**

Datos:  $\varepsilon^\circ(Cu^{2+}/Cu) = +0,34$  V;  $\varepsilon^\circ(Fe^{2+}/Fe) = -0,44$  V;  $\varepsilon^\circ(Zn^{2+}/Zn) = -0,76$  V;  $\varepsilon^\circ(Ni^{2+}/Ni) = -0,25$  V

### RESPUESTA

- Según el enunciado, cuando el metal M se sumerge en la disolución de  $Cu^{2+}$  se produce de forma espontánea ( $\Delta\varepsilon^\circ > 0$ ) una reacción en la que el  $Cu^{2+}$  se reduce a  $Cu^0$ , por lo que el cobre tiene que tener un potencial de reducción mayor que el del metal M. **(0,25 puntos)**

Así, en los electrodos:



- Cálculo del potencial estándar de reducción de M:

$$\Delta\varepsilon^\circ = +0,78 = \varepsilon^\circ(\text{reducción}) - \varepsilon^\circ(\text{oxidación}) = \varepsilon^\circ(Cu^{2+}/Cu) - \varepsilon^\circ(M^{2+}/M) = +0,34 - \varepsilon^\circ(M^{2+}/M) \Rightarrow$$

$$\varepsilon^\circ(M^{2+}/M) = -0,44 \text{ V} \quad \mathbf{(0,4 \text{ puntos})}$$

Según los datos proporcionados, M será, probablemente, Fe. **(0,1 puntos)**

- En el **cátodo** se produce la reducción, por lo que será el electrodo de  $Cu^{2+}/Cu$ . **(0,25 puntos)**  
En el **ánodo** se produce la oxidación, por lo que será el electrodo de  $M^{2+}/M$  ( $Fe^{2+}/Fe$ ). **(0,25 puntos)**

Los electrones se mueven desde el ánodo (oxidación, se liberan electrones) hasta el cátodo (reducción, se captan electrones). **(0,25 puntos)**

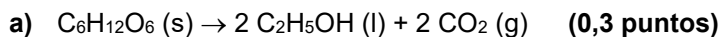
7. **(2 puntos)** En la fermentación anaerobia (en ausencia de oxígeno) de una cierta cantidad de glucosa sólida ( $C_6H_{12}O_6$ ), a presión de una atmósfera y 298 K, se liberan 1692,5 kJ de calor. En dicha fermentación, la glucosa se convierte en etanol ( $C_2H_5OH$ ) líquido, desprendiéndose además dióxido de carbono.

- Escriba y ajuste la ecuación de fermentación de la glucosa y calcule la entalpía molar de la reacción. **(0,8 puntos)**
- ¿Cuántos kilos de glucosa se han fermentado para liberar ese calor? Calcule también la masa de etanol que se ha obtenido en esa fermentación. **(0,8 puntos)**
- Si la variación de entropía ( $\Delta S^\circ_r$ ) de la fermentación de glucosa es  $536,9 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$ , calcule la variación de la energía libre de Gibbs ( $\Delta G^\circ_r$ ) en las condiciones de fermentación, indicando si el proceso será espontáneo. **(0,4 puntos)**

Datos:  $\Delta H_f^\circ$  ( $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ):  $C_6H_{12}O_6$  (s) = -1273,3;  $C_2H_5OH$  (l) = -277;  $CO_2$  (g) = -393,5.

Masas atómicas: H = 1; C = 12; O = 16.

## RESPUESTA



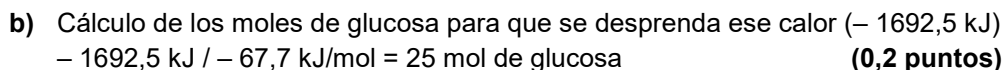
Cálculo de la entalpía molar de la fermentación:

$$\Delta H^{\circ}_r = \sum \Delta H^{\circ}_f (\text{productos}) - \sum \Delta H^{\circ}_f (\text{reactivos})$$

$$\Delta H^{\circ}_r = 2 \Delta H^{\circ}_f (C_2H_5OH) + 2 \Delta H^{\circ}_f (CO_2) - \Delta H^{\circ}_f (C_6H_{12}O_6)$$

$$\Delta H^{\circ}_r = 2 \cdot (-277) + 2 \cdot (-393,5) - (-1273,3)$$

$$\Delta H^{\circ}_r = -67,7 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \text{ de glucosa (Si responden } -67,7 \text{ kJ también será correcto) (0,5 puntos)}$$



Cálculo de los kilos necesarios de glucosa: **(0,15 puntos)**

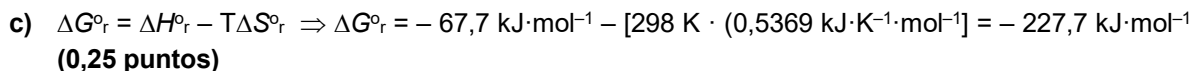
$$25 \text{ mol de glucosa} \times \frac{180 \text{ g de glucosa}}{1 \text{ mol de glucosa}} \times \frac{1 \text{ kg de glucosa}}{1000 \text{ g de glucosa}} = 4,5 \text{ kg de glucosa}$$

Cálculo de los moles de etanol:

$$25 \text{ mol de glucosa} \times \frac{2 \text{ mol de etanol}}{1 \text{ mol de glucosa}} = 50 \text{ mol de etanol}$$
 **(0,3 puntos)**

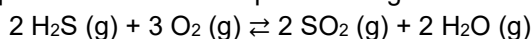
Cálculo de la masa de etanol:

$$50 \text{ mol de etanol} \times \frac{46 \text{ g de etanol}}{1 \text{ mol de etanol}} = 2300 \text{ g de etanol o } 2,3 \text{ kg}$$
 **(0,15 puntos)**



Como  $\Delta G^{\circ}_r < 0$ , el proceso es espontáneo. **(0,15 puntos)**

8. **(2 puntos)** En un recipiente cerrado se introducen 1 mol de  $H_2S$  y 2 moles de  $O_2$  y se calientan hasta 400 K. A esa temperatura la reacción que tiene lugar es:



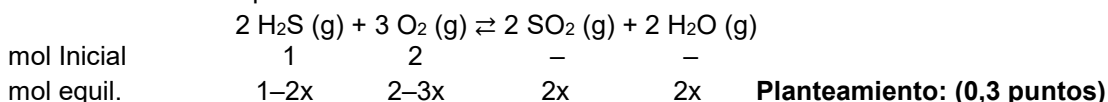
Una vez que se ha alcanzado el equilibrio, la presión parcial del  $H_2O$  es de 7,2 atm y la presión total es de 29,2 atm. Calcule:

- a) Los moles de cada sustancia en el equilibrio y el volumen del recipiente. *(1,25 puntos)*  
b) El valor de las constantes  $K_c$  y de  $K_p$  para este equilibrio. *(0,75 puntos)*

Dato:  $R = 0,082 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ .

## RESPUESTA

a) Planteamiento del equilibrio:



$$\text{Moles totales} = 1 - 2x + 2 - 3x + 2x + 2x = 3 - x$$
 **(0,15 puntos)**

$$P_{H_2O} = X_{H_2O} \cdot P_T \Rightarrow P_{H_2O} = \frac{2x}{3-x} \cdot 29,2 = 7,2 \text{ atm} \Rightarrow x = 0,33 \text{ mol}$$
 **(0,3 puntos)**

Así, los moles de cada sustancia en el equilibrio:

$$n (H_2S) = 1 - 2x = 0,34 \text{ mol}$$
 **(0,05 puntos)**

$$n (O_2) = 2 - 3x = 1,01 \text{ mol}$$
 **(0,05 puntos)**

$$n (SO_2) = 2x = 0,66 \text{ mol}$$
 **(0,05 puntos)**



$$n(\text{H}_2\text{O}) = 2x = 0,66 \text{ mol} \quad (0,05 \text{ puntos})$$

Cálculo del volumen del recipiente:

$$\text{moles totales} = 3 - x = 2,67 \text{ mol}$$

$$PV = nRT \Rightarrow 29,2 \cdot V = 2,67 \cdot 0,082 \cdot 400 \Rightarrow V = 3 \text{ L} \quad (0,3 \text{ puntos})$$

b) Concentraciones en el equilibrio de cada especie:

$$[\text{H}_2\text{S}] = 0,34 \text{ mol} / 3 \text{ L} = 0,113 \text{ M} \quad (0,05 \text{ puntos})$$

$$[\text{O}_2] = 1,01 \text{ mol} / 3 \text{ L} = 0,336 \text{ M} \quad (0,05 \text{ puntos})$$

$$[\text{SO}_2] = [\text{H}_2\text{O}] = 0,66 \text{ mol} / 3 \text{ L} = 0,22 \text{ M} \quad (0,05 \text{ puntos})$$

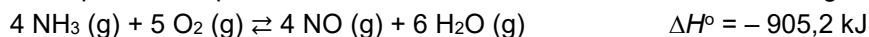
Planteamiento y cálculo de  $K_c$ :

$$K_c = \frac{[\text{SO}_2]^2 \cdot [\text{H}_2\text{O}]^2}{[\text{H}_2\text{S}]^2 \cdot [\text{O}_2]^3} = \frac{0,22^2 \cdot 0,22^2}{0,113^2 \cdot 0,336^3} = 4,84 \quad (0,3 \text{ puntos})$$

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n} \Rightarrow \text{Como } \Delta n = 4 - 5 = -1 \quad K_p = 4,84 \cdot (0,082 \cdot 400)^{-1} = 0,15 \quad (0,3 \text{ puntos})$$

**Nota:** Este último apartado se puede hacer también calculando primero  $K_p$  a través del cálculo de las presiones parciales y luego  $K_c$  a partir de  $K_p$ . La puntuación en ese caso sería equivalente a la mostrada.

9. (2 puntos) Una forma de producción de ácido nítrico transcurre a través del proceso Ostwald. En la primera etapa de este proceso el amoníaco se oxida a monóxido de nitrógeno:



- a) Para poder obtener una mayor cantidad de NO, ¿podemos aumentar la temperatura? ¿generaríamos más NO al duplicar el volumen del reactor? Conteste razonadamente. (1 punto)
- b) Explique el efecto que tendría en la reacción el ir retirando el H<sub>2</sub>O a la vez que se va formando. (0,5 puntos)
- c) Razone cómo afectaría al equilibrio la adición de un catalizador. (0,5 puntos)

#### RESPUESTA

- a) *Principio de Le Chatelier:* Si se aumenta la temperatura de un sistema en equilibrio, éste compensará este efecto desplazándose en el sentido en el que absorba el calor. (0,2 puntos)  
*Aplicación:* Como la reacción es exotérmica ( $\Delta H < 0$ ), el equilibrio se desplazará hacia la izquierda ( $\leftarrow$ ), hacia la formación de los reactivos, por lo que no se obtendrá más NO al aumentar la temperatura. (0,3 puntos)

Duplicar el volumen (sin variación de la temperatura) es equivalente a reducir a la mitad la presión. *Principio de Le Chatelier:* cuando se disminuye la presión de un sistema en equilibrio, éste evolucionará para compensar el efecto desplazándose hacia donde haya un mayor número de moles gaseosos. (0,2 puntos)

*Aplicación:* En los productos hay 10 moles gaseosos mientras que en los reactivos hay 9 moles gaseosos, así que reducir la presión desplazará el equilibrio hacia la derecha ( $\rightarrow$ ), hacia la formación de más NO. Por lo tanto, duplicar el volumen del reactor ayudaría a generar más NO. (0,3 puntos)

- b) *Principio de Le Chatelier:* Si se disminuye la cantidad de alguno de los productos, el equilibrio evoluciona para compensar este efecto, por lo que se desplazará en el sentido en el que se genere más cantidad del mismo. (0,2 puntos)  
*Aplicación:* Si se retira el H<sub>2</sub>O, el equilibrio se desplazará hacia la derecha ( $\rightarrow$ ), hacia la formación de más productos. (0,3 puntos)
- c) Un catalizador no influye sobre la posición de un equilibrio, sólo afecta a la velocidad con la que se alcanza ese equilibrio. (0,5 puntos)

10. (2 puntos) La solubilidad del  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  en agua es de  $3,33 \cdot 10^{-5}$  g/L a 298K.

a) Escriba el equilibrio de solubilidad del hidróxido de cobre y determine el valor de su producto de solubilidad. (0,8 puntos)

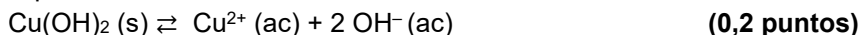
b) ¿Cuál será el pH de una disolución saturada de  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ? (0,4 puntos)

c) Calcule la solubilidad del  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  (en g/mL) en una disolución 0,5 M de NaOH. (0,8 puntos)

Masas atómicas: H = 1; Cu = 63,5; O = 16.

### RESPUESTA

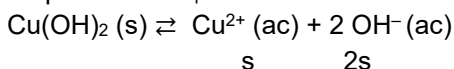
a) Equilibrio de solubilidad:



Cálculo de la solubilidad en mol/L: (0,15 puntos)

$$s = \frac{3,33 \times 10^{-5} \text{ g de Cu}(\text{OH})_2}{1 \text{ L}} \times \frac{1 \text{ mol de Cu}(\text{OH})_2}{97,5 \text{ g de Cu}(\text{OH})_2} = 3,42 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$$

Expresión de  $K_{ps}$ :



$$K_{ps} = [\text{Cu}^{2+}] [\text{OH}^-]^2 \Rightarrow K_{ps} = s \cdot (2s)^2 = 4s^3 \quad (0,3 \text{ puntos})$$

$$K_{ps} = 4 \cdot (3,42 \times 10^{-7})^3 = 1,59 \times 10^{-19} \quad (0,15 \text{ puntos})$$

b) Cálculo del pH:

$$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] \Rightarrow \text{pOH} = -\log (2s) = -\log (2 \cdot 3,42 \times 10^{-7}) = 6,16 \quad (0,2 \text{ puntos})$$

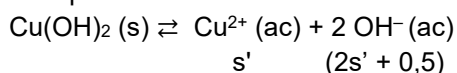
$$\text{pH} + \text{pOH} = 14 \Rightarrow \text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - 6,16 = 7,84 \quad (0,2 \text{ puntos})$$

c)  $\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}^+ (\text{ac}) + \text{OH}^- (\text{ac})$

Inicial 0,5 M

Final - 0,5 M 0,5 M  $\Rightarrow [\text{OH}^-] = 0,5 \text{ M} \quad (0,1 \text{ puntos})$

Nuevo equilibrio:



$$K_{ps} = [\text{Cu}^{2+}] [\text{OH}^-]^2 \Rightarrow K_{ps} = s' \cdot (2s' + 0,5)^2 \quad (0,3 \text{ puntos})$$

Teniendo en cuenta los valores tan bajos de solubilidad del  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ , se puede despreciar  $2s'$ :

$$K_{ps} = 1,59 \times 10^{-19} = s' \cdot (0,5)^2 \Rightarrow s' = 6,36 \times 10^{-19} \text{ mol/L} \quad (0,2 \text{ puntos})$$

Cambio de unidades: (0,2 puntos)

$$s' = \frac{6,36 \times 10^{-19} \text{ mol de Cu}(\text{OH})_2}{1 \text{ L}} \times \frac{97,5 \text{ g de Cu}(\text{OH})_2}{1 \text{ mol de Cu}(\text{OH})_2} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} = 6,2 \times 10^{-20} \text{ g/mL}$$