

27^a OLIMPIADA ARGENTINA DE QUÍMICA
18 DE SEPTIEMBRE DE 2017
RESPUESTAS CERTAMEN ZONAL-NIVEL 1

Utiliza la información de tu tabla periódica para obtener los datos atómicos que consideres necesarios. A menos que se indique lo contrario, puedes suponer que las sustancias en estado gaseoso se comportan idealmente.

EJERCICIO 1. (30 puntos) El bioetanol es un combustible líquido formado por etanol obtenido a partir de la biomasa. Tiene un gran potencial para ser utilizado como remplazo de los combustibles derivados del petróleo. El E10, por ejemplo, es un combustible que contiene 10% de bioetanol y 90% de gasolina convencional, y que se conoce comúnmente comoalconafta.

- a) Representa mediante ecuaciones químicas balanceadas la reacción de combustión del etanol (C_2H_6O) en presencia de exceso de oxígeno.

$C_2H_6O_{(l)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)}$ (8 puntos, descontar 4 puntos si no se aclaran los estados de agregación)

- b) Calcula la cantidad de calor liberado por la combustión del etanol ($\delta = 0,789 \text{ g/mL}$) de un tanque de 50 L de un automóvil lleno con combustible E10 a 25°C y 1 atm.

$$\Delta H = \Delta H^0_{comb} \cdot n_{EtOH} = \Delta H^0_{comb} \cdot \frac{m_{EtOH}}{Mr_{EtOH}} = \Delta H^0_{comb} \cdot \frac{V_{EtOH} \cdot \delta_{EtOH}}{Mr_{EtOH}} = \Delta H^0_{comb} \cdot \frac{V_{E10} \cdot \delta_{EtOH}}{10 \cdot Mr_{EtOH}}$$

$$\Delta H = \Delta H^0_{comb} \cdot \frac{V_{E10} \cdot \delta_{EtOH}}{10 \cdot Mr_{EtOH}} = 1370,9 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \cdot \frac{50000 \text{ mL} \cdot 0,798 \frac{\text{g}}{\text{mL}}}{10 \cdot 46 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 117570 \text{ kJ}$$

(12 puntos)

- c) Calcula el volumen de aire (20,5% v/v de O_2 en CNPT) que será necesario para quemar completamente el contenido de etanol del tanque del automóvil.

$$V_{aire} = \frac{V_{O_2} \cdot 100 \text{ mL}}{20,5 \text{ mL}} = \frac{n_{O_2} \cdot R \cdot T \cdot 100 \text{ mL}}{P \cdot 20,5 \text{ mL}} = \frac{3 \cdot n_{EtOH} \cdot R \cdot T \cdot 100 \text{ mL}}{P \cdot 20,5 \text{ mL}} \\ = \frac{3 \cdot 85,76 \text{ mol} \cdot 0,082 \frac{\text{latm}}{\text{Kmol}} \cdot 273,15 \text{ K} \cdot 100 \text{ mL}}{1 \text{ atm} \cdot 20,5 \text{ mL}} = 28110 \text{ L}$$

(10 puntos)

Datos:

$$\Delta H^0_{comb} (C_2H_6O, l) = 1370,9 \text{ kJ/mol}$$

EJERCICIO 2. (35 puntos) Los cultivos bacterianos en medio líquido tienen a simple vista un aspecto de turbidez blanquecina debido a que las bacterias dispersan la luz. Un método sencillo para la cuantificación de unidades formadoras de colonias (UFC) en cultivos bacterianos se basa en la

medición de la dispersión de luz provocada por las denominadas soluciones patrón de McFarland. Estos patrones consisten en suspensiones de BaSO_4 de distintas concentraciones que tienen el mismo aspecto que los cultivos bacterianos. Para preparar estos patrones se requieren soluciones acuosas de BaCl_2 y H_2SO_4 .

- a) Se cuenta con $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (cloruro de bario dihidratado) comercial. Esto significa que, en el sólido, por cada mol de cloruro de bario hay 2 moles de agua en la estructura. Calcula la masa (en g) de $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ necesaria para preparar 50 mL de solución BaCl_2 1% m/v.

$$m_{\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} = \frac{m_{\text{BaCl}_2} \cdot Mr_{\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}}}{Mr_{\text{BaCl}_2}} = \frac{V_{\text{sc. BaCl}_2} \cdot 1 \text{ g} \cdot Mr_{\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}}}{100 \text{ mL} \cdot Mr_{\text{BaCl}_2}} = \frac{50 \text{ mL} \cdot 1 \text{ g} \cdot 244,34 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{100 \text{ mL} \cdot 208,34 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,586 \text{ g}$$

(5 puntos)

- b) Calcula el volumen (en mL) de ácido sulfúrico concentrado (98% m/m, $\delta = 1,84 \text{ g/mL}$) necesario para preparar 250 mL de solución de H_2SO_4 0,18 M.

$$V_{\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ cc}} = V_{\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ dil}} \cdot \frac{[\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ dil}](M)}{[\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ cc}](M)} = 250 \text{ mL} \cdot \frac{[\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ dil}](M) \cdot Mr_{\text{H}_2\text{SO}_4} \cdot 100 \text{ g}}{1000 \text{ mL} \cdot 98 \text{ g} \cdot \delta_{\text{H}_2\text{SO}_4}}$$

$$= 250 \text{ mL} \cdot \frac{0,18 \text{ M} \cdot 98 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 100 \text{ g}}{1000 \frac{\text{mL}}{\text{L}} \cdot 98 \text{ g} \cdot 1,84 \frac{\text{g}}{\text{mL}}} = 2,45 \text{ mL}$$

(10 puntos)

Una vez preparadas las dos soluciones patrón, éstas se mezclan para obtener los patrones de BaSO_4 de McFarland (ecuación I).



- c) Completa la siguiente tabla indicando la concentración de BaSO_4 o bien los volúmenes requeridos de las soluciones, para preparar los patrones indicados de McFarland.

Escala Mc Farland	UFC/mL	Volumen del patrón (mL)	Concentración de BaSO_4 (M)	Volumen de BaCl_2 1% m/v (mL)	Volumen de H_2SO_4 0,18M (mL)
1	3×10^8	10,0	$4,80 \times 10^{-4}$	0,1	9,9
5	15×10^8	10,0	$2,39 \times 10^{-3}$	0,5	9,5
10	30×10^8	10,0	$4,80 \times 10^{-3}$	1,0	9,0

Escala McFarland 1

$$n_{\text{BaCl}_2} = V_{\text{sc BaCl}_2} \cdot \frac{1 \text{ g}}{100 \text{ mL}} \cdot \frac{1}{Mr_{\text{BaCl}_2}} = 0,1 \text{ mL} \cdot \frac{1 \text{ g}}{100 \text{ mL}} \cdot \frac{1}{208,34 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 4,80 \times 10^{-6} \text{ mol}$$

$$n_{H_2SO_4} = V_{H_2SO_4} \frac{0,18 \text{ mol}}{1000 \text{ mL}} = 9,9 \text{ mL} \frac{0,18 \text{ mol}}{1000 \text{ mL}} = 1,782 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

Por lo tanto, el $BaCl_2$ es el reactivo limitante y el H_2SO_4 es el reactivo en exceso. Entonces,

$$[BaSO_4](M) = \frac{n_{BaCl_2} \cdot 1000 \frac{\text{mL}}{\text{L}}}{10 \text{ mL}} = \frac{4,80 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot 1000 \frac{\text{mL}}{\text{L}}}{10 \text{ mL}} = 4,80 \times 10^{-4} M$$

Escala McFarland 2

$$n_{BaCl_2} = V_{BaCl_2} \frac{1 \text{ g}}{100 \text{ mL}} \cdot \frac{1}{Mr_{BaCl_2}} = 0,5 \text{ mL} \frac{1 \text{ g}}{100 \text{ mL}} \cdot \frac{1}{208,34 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 2,39 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

$$n_{H_2SO_4} = V_{H_2SO_4} \frac{0,18 \text{ mol}}{1000 \text{ mL}} = 9,5 \text{ mL} \frac{0,18 \text{ mol}}{1000 \text{ mL}} = 1,71 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

Por lo tanto, el $BaCl_2$ es el reactivo limitante y el H_2SO_4 es el reactivo en exceso. Entonces,

$$[BaSO_4](M) = \frac{n_{BaCl_2} \cdot 1000 \frac{\text{mL}}{\text{L}}}{10 \text{ mL}} = \frac{2,39 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot 1000 \frac{\text{mL}}{\text{L}}}{10 \text{ mL}} = 2,39 \times 10^{-3} M$$

Escala McFarland 3

La forma más sencilla de resolverlo es observando que el número de UFC/mL en el patrón 10 de la escala McFarland es el doble que el del patrón 5, por lo que el volumen de solución de $BaCl_2$ 1% m/v debe ser el doble, es decir, 1,0 mL. En consecuencia, el volumen de solución de H_2SO_4 0,18M es de 9,0 mL para completar los 10,0 mL del patrón.

De la misma manera, si calcularon las concentraciones de $BaSO_4$ de los patrones anteriores, la concentración del 3er patrón es el doble que el del segundo patrón. Entonces, el volumen de solución de $BaCl_2$ 1% m/v debe ser el doble, es decir, 1,0 mL. En consecuencia, el volumen de solución de H_2SO_4 0,18M es de 9,0 mL para completar los 10,0 mL del patrón.

Si no se dan cuenta de eso, también pueden resolverlo calculando la concentración de solución de $BaCl_2$ necesaria para obtener esa concentración de $BaSO_4$ en el 3er patrón, como se muestra a continuación:

$$\begin{aligned} V_{BaCl_2} &= \frac{m_{BaCl_2} \cdot 100 \text{ mL}}{1 \text{ g}} = \frac{n_{BaCl_2} \cdot Mr_{BaCl_2} 100 \text{ mL}}{1 \text{ g}} = \frac{n_{BaSO_4} \cdot Mr_{BaCl_2} 100 \text{ mL}}{1 \text{ g}} \\ &= \frac{[BaSO_4](M) \cdot 10 \text{ mL} \cdot Mr_{BaCl_2} 100 \text{ mL}}{1000 \text{ mL} \cdot 1 \text{ g}} \\ &= \frac{4,80 \times 10^{-3} \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 10 \text{ mL} \cdot 208,34 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 100 \text{ mL}}{1000 \frac{\text{mL}}{\text{L}} \cdot 1 \text{ g}} = 1,0 \text{ mL} \end{aligned}$$

Entonces, el volumen de solución de H_2SO_4 0,18 M es de 9,0 mL

(20 puntos. 5 puntos por cada ítem completado en la tabla)

EJERCICIO 3. (35 puntos) Para la determinación de la composición mineralógica de rocas sedimentarias, es necesario primero realizar la desagregación química de la muestra, la cual consiste en los siguientes pasos:

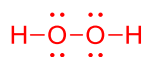
(1) Eliminación de la materia orgánica con peróxido de hidrógeno (H_2O_2)

Para esto se utiliza una solución acuosa de peróxido de hidrógeno conocida comúnmente como “agua oxigenada de 30 volúmenes”. Esto significa que cuando un dado volumen de esa solución de H_2O_2 se descompone en O_2 (g) y H_2O (l), el volumen de oxígeno gaseoso producido (medido a 0 °C y 1,00 atm) ocupa un volumen de 30 veces el volumen original de la solución.

a) ¿Cuáles son los estados de oxidación de hidrógeno y del oxígeno en la molécula de H_2O_2 ?

Los estados de oxidación del hidrógeno y del oxígeno son +1 y -1, respectivamente. (2 puntos)

b) Dibuja una estructura de Lewis para la molécula de H_2O_2 (nota: los átomos de oxígeno están enlazados entre sí).

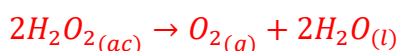


(2 puntos)

c) ¿Cuál es el valor aproximado del ángulo de enlace $H-\hat{O}-O$ en base a la TREPEV?

El ángulo del enlace $H-\hat{O}-O$ es un poco menor a 109,5°. El ángulo medido experimentalmente es de 101,9 ° (2 puntos)

d) Calcula la concentración de la solución acuosa de H_2O_2 de 30 volúmenes en molaridad.



Que la solución acuosa de agua oxigenada sea de “30 volúmenes” significa que, por ejemplo, 1 L de solución genera 30 L de O_2 (g). Se calculan entonces el número de moles de H_2O_2 presentes en la solución acuosa de agua oxigenada de 30 volúmenes.

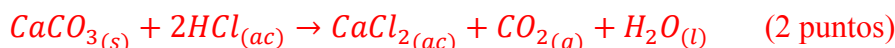
$$n_{H_2O_2} = 2n_{O_2} = 2 \frac{P \cdot V_{O_2}}{R \cdot T} = 2 \frac{1 \text{ atm} \cdot 30 \text{ L}}{0,082 \frac{\text{latm}}{\text{Kmol}} \cdot 273,15 \text{ K}} = 2,68 \text{ mol}$$

Por lo tanto, $[H_2O_2]_{(ac)} = 2,68 \text{ M}$ (4 puntos)

(2) Eliminación de carbonatos con HCl

Para la eliminación de clastos carbonáticos (carbonatos de distintos metales) de rocas sedimentarias se utiliza una solución de HCl 3M. Suponiendo que todos los clastos están formados por carbonato de calcio:

e) Escribe la ecuación química balanceada que represente la reacción completa del HCl con el carbonato de calcio.



- f) Calcula el volumen (en mL) de HCl concentrado ($\delta = 1,19 \text{ g/mL}$, 37,0% m/m) que será necesario para preparar 500 mL de la solución de HCl 3M.

$$V_{\text{HCl}_{cc}} = V_{\text{HCl}_{dil}} \cdot \frac{[\text{HCl}_{dil}]}{[\text{HCl}_{cc}]} = V_{\text{HCl}_{dil}} \cdot \frac{[\text{HCl}_{dil}] \cdot Mr_{\text{HCl}} \cdot 100 \text{ g}}{1000 \frac{\text{mL}}{\text{L}} \cdot 37 \text{ g} \cdot \delta_{\text{HCl}}} = 500 \text{ mL} \cdot \frac{3 \text{ M} \cdot 36,5 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 100 \text{ g}}{1000 \frac{\text{mL}}{\text{L}} \cdot 37 \text{ g} \cdot 1,19 \frac{\text{g}}{\text{mL}}}$$

$$= 124,3 \text{ mL}$$

(5 puntos)

- g) Sabiendo que las rocas sedimentarias contienen entre 15-20% m/m de carbonato de calcio, calcula el volumen de HCl 3M que es necesario agregar a una roca sedimentaria de 137,2 g, para asegurarse la reacción completa de todo el carbonato que podría estar presente.

Como no se sabe la composición exacta de carbonato de calcio en la roca, para asegurarse de que todo reaccione es necesario suponer que la concentración es la máxima posible, es decir, 20%.

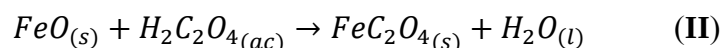
$$V_{\text{HCl}_{dil}} = \frac{n_{\text{HCl}}}{[\text{HCl}_{dil}]} = \frac{2n_{\text{CaCO}_3}}{[\text{HCl}_{dil}]} = 2 \frac{m_{\text{CaCO}_3}}{Mr_{\text{CaCO}_3} \cdot [\text{HCl}_{dil}]} = 2 \frac{m_{\text{roca}} \cdot 0,2}{Mr_{\text{CaCO}_3} [\text{HCl}_{dil}]}$$

$$= 2 \frac{137,2 \text{ g} \cdot 0,2}{100,08 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 3 \frac{\text{mol}}{1000 \text{ mL}}} = 182,8 \text{ mL}$$

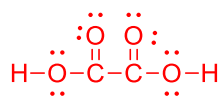
(7 puntos)

(3) Eliminación de óxidos de hierro con ácido oxálico

Los óxidos de hierro reaccionan con ácido oxálico ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$) para dar oxalatos de hierro. Por ejemplo, la ecuación (II) muestra la reacción de óxido ferroso con ácido oxálico acuoso para dar oxalato ferroso.



- h) Dibuja una estructura de Lewis para la molécula de $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ (nota: los átomos de carbono están enlazados entre sí).



(3 puntos. En caso de que algún alumno dibuje la estructura de Lewis correcta de otro isómero cuya estructura sea compatible con la fórmula del oxálico, darle todos los puntos)

- i) Calcula la masa (en g) de oxalato ferroso formado al hacer reaccionar una muestra de 87,6 g de rocas sedimentarias conteniendo un 7,5% de óxido ferroso con 200 mL de solución de ácido oxálico 1 M, teniendo en cuenta que el rendimiento de la reacción (II) es de 85%.

El FeO es el reactivo limitante y el ácido oxálico es el reactivo en exceso.



$$\begin{aligned} m_{\text{FeC}_2\text{O}_4} &= n_{\text{FeC}_2\text{O}_4} \cdot Mr_{\text{FeC}_2\text{O}_4} = 0,85 \cdot n_{\text{FeO}} \cdot Mr_{\text{FeC}_2\text{O}_4} = 0,85 \cdot \frac{m_{\text{FeO}}}{Mr_{\text{FeO}}} \cdot Mr_{\text{FeC}_2\text{O}_4} \\ &= 0,85 \cdot \frac{m_{\text{roca}} \cdot 0,20}{Mr_{\text{FeO}}} \cdot Mr_{\text{FeC}_2\text{O}_4} = 0,85 \cdot \frac{87,6 \text{ g} \cdot 0,075}{71,85 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \cdot 143,85 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 11,18 \text{ g} \end{aligned}$$

(8 puntos)