

26ª OLIMPIADA ARGENTINA DE QUÍMICA

15 DE AGOSTO DE 2017
CERTAMEN INTERCOLEGIAL–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)

Los hidrocarburos son compuestos orgánicos formados solamente por átomos de carbono e hidrógeno. La mayoría de los hidrocarburos naturales se encuentran en depósitos de petróleo crudo y tienen numerosas aplicaciones como combustibles. Un análisis de dos hidrocarburos **A** y **B** mostraron las siguientes composiciones porcentuales en masa para **A**: 84,13% de C y 15,87% de H, y para **B**: 84,42% de C y 15,58% de H:

- (a) ¿Cuál es la fórmula molecular de los hidrocarburos **A** y **B** si sus masas molares son $114,23 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ y $142,29 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$, respectivamente?

Para determinar la fórmula molecular se debe dividir los porcentajes de cada elemento por la masa atómica relativa de ese elemento. Luego, se divide por el menor valor obtenido para determinar la fórmula mínima. Finalmente, la fórmula molecular se obtiene a partir de la fórmula mínima y el peso molecular.

Para el hidrocarburo **A**:

$$\frac{84,13}{12,01} = 7,00 \quad \frac{15,87}{1,00} = 15,87$$

$$\frac{7,00}{7,00} = 1 \quad \frac{15,87}{7,00} = 2,27 \quad f_{\min} = \text{C}_1\text{H}_{2,27} \quad PM_{f_{\min}} = 14,28 \quad \frac{PM_{f_{\text{mol}}}}{PM_{f_{\min}}} = 8 \quad f_{\text{mol}} = \text{C}_8\text{H}_{18}$$

Para el hidrocarburo **B**:

$$\frac{84,42}{12,01} = 7,03 \quad \frac{15,58}{1,00} = 15,58$$

$$\frac{7,03}{7,03} = 1 \quad \frac{15,58}{7,03} = 2,22 \quad f_{\min} = \text{C}_1\text{H}_{2,22} \quad PM_{f_{\min}} = 14,23 \quad \frac{PM_{f_{\text{mol}}}}{PM_{f_{\min}}} = 10 \quad f_{\text{mol}} = \text{C}_{10}\text{H}_{22}$$

La fórmula molecular es C_8H_{18} (octano) para **A** y $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$ (decano) para **B**. (12 puntos. 6 puntos por cada fórmula.)

- (b) Indica si las siguientes afirmaciones son **correctas** o **incorrectas** y provee la información adicional que se pide en cada caso:



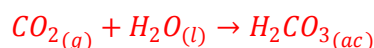
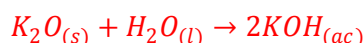
- i. El butano (C_4H_{10} , $CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$) tiene mayor punto de ebullición que el hexano (C_6H_{14} , $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$) y menor que el pentano (C_5H_{12} , $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$).
Justifica brevemente tu respuesta. Si la consideraste incorrecta, ordena los tres compuestos según su temperatura de ebullición creciente.

INCORRECTA. Los tres hidrocarburos presentan fuerzas intermoleculares de London (o de dispersión) pero a medida que aumenta el peso molecular, aumenta la intensidad de estas interacciones por lo que el punto de ebullición (P_{eb}) aumenta. En consecuencia, P_{eb} butano ($-1\text{ }^{\circ}C$) $< P_{eb}$ pentano ($36,1\text{ }^{\circ}C$) $< P_{eb}$ hexano ($68\text{ }^{\circ}C$). (6 puntos)

- ii. El CO_2 es un óxido básico mientras que el K_2O es un óxido ácido.

Justifica tu respuesta incluyendo las ecuaciones químicas que representan a las reacciones de cada uno de los dos óxidos con agua.

INCORRECTA. El CO_2 es un óxido ácido mientras que el K_2O es un óxido básico. (6 Puntos. 2 puntos por corregir la naturaleza de los óxidos y 2 puntos por cada ecuación correcta. Para la reacción de $CO_2(g)$ con agua, si el alumno pone $CO_2(aq)$ o bicarbonato/carbonato, considerarla correcta.).



- iii. De los siguientes elementos del segundo período de la tabla periódica: C, B, Li, O, F y Be, el que presenta mayor energía de ionización es el Li por ser el elemento de menor radio atómico.

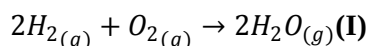
Justifica tu respuesta. Si la consideraste incorrecta, ordena los elementos según su energía de ionización creciente.

INCORRECTA. En un mismo período la carga nuclear efectiva aumenta al moverse de izquierda a derecha, lo cual genera que los electrones del F perciban una carga nuclear mayor que los del Li y, en consecuencia, sean más difíciles de extraer. Es decir, de los elementos mencionados, el litio es el elemento de menor carga nuclear efectiva y, en consecuencia, es el elemento de menor energía de ionización. Por lo tanto, el orden creciente de energía de ionización es $Li < Be < B < C < O < F$. (6 puntos)

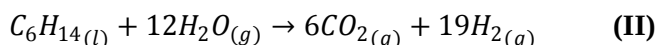
EJERCICIO 2. (35 puntos)

Las celdas de combustible consisten en dispositivos electroquímicos que generan electricidad directamente a partir de reacciones químicas. El funcionamiento es similar al de una batería pero están diseñadas para permitir el abastecimiento continuo de reactivos, lo que permite generar energía de manera ininterrumpida.

Estas celdas resultan muy prometedoras desde el punto de vista ambiental ya que el proceso electroquímico que tiene lugar es de alta eficiencia y se obtienen solamente productos ambientalmente benignos. En particular, en la celda de combustible de hidrógeno, en donde se combinan hidrógeno y oxígeno, solamente se obtiene agua como producto (Ecuación I).



A fin de utilizar una celda de combustible de hidrógeno a nivel industrial, es necesaria la producción continua de hidrógeno para abastecer la misma. Una manera de producir hidrógeno a gran escala es la reacción de combustibles de hidrocarburos (vistos en el Ejercicio 1), como el hexano (C_6H_{14}), con vapor de agua para dar H_2 y CO_2 (Ecuación II).



(a) Sabiendo que la celda trabaja a 1,5 atm de presión y 175 °C, que el flujo de hidrógeno gaseoso necesario para abastecer la celda de combustible es de 650 mL/min, y que el rendimiento de la reacción (II) es de 92% calcula:

i. el volumen de hidrógeno (en L) gaseoso necesario para abastecer la celda durante 24 horas.

$$V_{H_2} = \text{Flujo} \cdot \text{tiempo} = \frac{650 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1} \cdot 60 \text{ min} \cdot \text{hs}^{-1} \cdot 24 \text{ hs}}{1000 \text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}} = 936 \text{ L} \quad (10 \text{ puntos. Si se balancea incorrectamente la ecuación II en el ítem (a), no se debe volver a penalizar en el ítem (b)})$$

ii. el volumen (en L) de vapor de agua necesario para el abastecimiento de la celda durante el mismo tiempo.

$$V_{H_2O} = \frac{12 \cdot V_{H_2}}{19 \cdot \text{Rend}} = \frac{12 \cdot 936 \text{ L}}{19 \cdot 0,92} = 643 \text{ L} \quad (10 \text{ puntos})$$

iii. el volumen (en cm^3) de hexano ($\delta = 0,65 \text{ g/cm}^3$, pureza 98%) necesario para el abastecimiento de la celda durante el mismo tiempo.

$$V_{hex} = \frac{P \cdot V_{H_2} \cdot M_{r_{hex}}}{\delta_{hex} \cdot R \cdot T \cdot 19 \cdot \text{Rend} \cdot \text{Pur}} = \frac{1,5 \text{ atm} \cdot 936 \text{ L} \cdot 86,18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{0,65 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot 0,082 \text{ Latm} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 448,15 \text{ K} \cdot 19 \cdot 0,92 \cdot 0,98} =$$

$$V_{hex} = 296 \text{ cm}^3 \quad (15 \text{ puntos. Se pueden considerar puntos parciales por errores de cálculo})$$

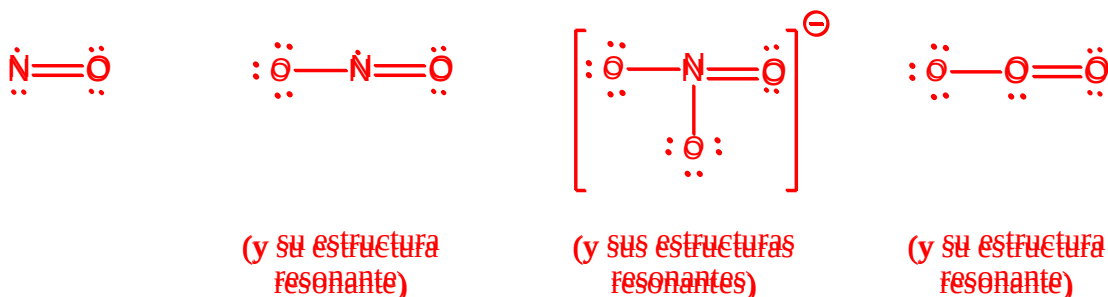
EJERCICIO 3. (30 puntos)

Un estudio realizado en la universidad de Nüremberg, Alemania, determinó que los autos de la empresa Roksgaven emitían hasta 40 veces más cantidad de óxidos de nitrógeno (NO_x) que lo declarado. Los óxidos de nitrógeno como el NO y el NO_2 son sumamente peligrosos para la contaminación del aire, dado que contribuyen al smog, a la lluvia ácida por formación de HNO_3 , y a la formación de ozono (O_3) en la tropósfera.

(a) Indica los estados de oxidación del nitrógeno en NO, NO_2 y HNO_3 .

Los estados de oxidación son +2, +4 y +5 para el NO, NO_2 y HNO_3 , respectivamente. (6 puntos. 2 puntos por cada compuesto).

(b) Dibuja las estructuras de Lewis para NO, NO_2 , NO_3^- y O_3 . En caso de existir, dibuja las estructuras resonantes correspondientes.



(8 puntos. 2 puntos por cada estructura correcta. Si no aclara las estructuras resonantes, restar 1 punto por cada compuesto.)

(c) ¿Cuál/cuáles de esta/s especie/s es un “radical libre” (presenta un electrón desapareado)?

El NO y el NO₂ son radicales libres ya que el átomo de N presenta un electrón desapareado. (4 puntos. 2 puntos por cada compuesto).

(d) Predice la geometría molecular de las estructuras anteriores según la TREPEV.

La geometría molecular es lineal, angular, plana trigonal y angular para NO, NO₂, NO₃⁻, O₃, respectivamente. (8 puntos. 2 puntos por cada geometría correcta).

(e) Estima el valor aproximado del ángulo de enlace O-Ô-O en el ozono.

El ángulo O-Ô-O en el ozono es poco menor a 120° (116,8°) (4 puntos. Si el alumno indica que el ángulo es de 120°, considerarlo correcto.)

Datos útiles: $R = 0,082 \text{ dm}^3 \text{ atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$; $1 \text{ atm} = 760 \text{ torr} = 101325 \text{ Pa} = 1,01325 \text{ bar}$; $0 \text{ }^{\circ}\text{C} = 273,15 \text{ K}$; $1 \text{ dm}^3 = 1000 \text{ cm}^3 = 1 \text{ L}$.