

---

24ª OLIMPIADA ARGENTINA DE QUÍMICA  
1 DE OCTUBRE DE 2014  
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. **Al final del examen se presentan algunos datos que pueden ser de utilidad.**

---

### EJERCICIO 1.

A continuación se resume una nota publicada en el diario La Nación el día 5 de agosto de 2014, titulada “*El colectivo del futuro: usará hidrógeno y un motor eléctrico*”.

*...“el Instituto Tecnológico de Buenos Aires (ITBA) comenzó a desarrollar un ómnibus híbrido a base de hidrógeno”... “El hidrógeno es el combustible ideal. No tiene contaminantes ni material particulado. Tampoco emite dióxido de carbono ni hidrocarburos. En la Argentina, con este proyecto nos incorporamos a una tecnología de punta.”*

Las alternativas actualmente utilizadas para el transporte automotor son el petróleo o el gas natural comprimido (GNC). Cuando la combustión es completa, el combustible arde en presencia de suficiente cantidad de oxígeno, generando como únicos productos dióxido de carbono y agua. Si bien en ambos casos se trata de una mezcla de hidrocarburos, para realizar cálculos aproximados se puede suponer que el gas natural es metano puro ( $\text{CH}_4$ ) y el petróleo es octano puro ( $\text{C}_8\text{H}_{18}$ ).

- Escribe las ecuaciones que representan a las reacciones de combustión de cada uno de estos combustibles.
- En la nota periodística se especifica que al utilizar hidrógeno como combustible no se genera dióxido de carbono ni otros contaminantes. Escribe la ecuación que representa la reacción del  $\text{H}_2$  con el oxígeno.
- Calcula la cantidad de calor liberado por combustión de un tanque de petróleo (suponiendo que se trata de octano puro), teniendo en cuenta que la capacidad del tanque es 50,0 L y la densidad del combustible es  $0,79 \text{ g cm}^{-3}$ .
- Calcula el volumen de GNC que se necesita quemar para generar la misma cantidad de calor que al quemar 50,0 L de octano (calculado en el ítem b). Ten en cuenta que el gas se encuentra comprimido y su densidad en la fase líquida es  $0,423 \text{ g cm}^{-3}$ .  
*Nota: si no pudiste calcular el ítem anterior, supón que se liberan  $2,00 \cdot 10^6 \text{ kJ}$  de calor por combustión de un tanque de petróleo.*
- ¿Cuál de los dos combustibles (petróleo o GNC) rinde más si los comparamos por masa de combustible consumida? ¿Cuál rinde más si lo comparamos por litro de combustible empleado?  
*Nota: si no pudiste calcular el ítem anterior, supón que se necesitan quemar 75,0 L de GNC para generar igual cantidad de calor que al quemar 50,0 L de petróleo.*

Uno de los problemas a los cuales se enfrentan los investigadores que están desarrollando la nueva tecnología de automotores basados en hidrógeno es su baja densidad una vez comprimido ( $0,0708 \text{ g cm}^{-3}$ ).

- (f) Calcula la autonomía que tendría un vehículo (“autonomía” significa cuántos km puede recorrer sin recargar combustible) que esté equipado con un tanque de 50,0 L si emplea petróleo. A continuación repite el mismo cálculo suponiendo que se emplea GNC y, luego, suponiendo que se emplea H<sub>2</sub> comprimido como combustible.  
Para realizar tus cálculos, estima que el vehículo tiene un gasto energético de 5000 kJ/km recorrido.
- (g) Actualmente se emplea H<sub>2</sub> comprimido en aplicaciones aéreas o espaciales. ¿Qué factor consideras relevante a la hora de seleccionar este combustible en este tipo de vehículos?

## EJERCICIO 2.

*Adaptado del examen teórico de la 45° Olimpiada Internacional de Química, Rusia, 2013.*

En el fondo de los océanos y mares existen grandes reservas de metano en forma de clatratos, llamados hidratos de metano. Estas reservas pueden ser explotadas y servir como fuente de energía o materia prima para síntesis de compuestos orgánicos. Sin embargo, la comunidad científica está seriamente preocupada por la posibilidad de una descomposición espontánea de los hidratos como consecuencia del aumento de la temperatura de los océanos. Se cree que en caso de liberarse una cantidad suficiente de metano a la atmósfera, los océanos se calentarían más rápidamente debido al efecto invernadero, lo cual aceleraría a su vez la descomposición de los clatratos. Como consecuencia de la explosión de la mezcla metano-aire resultante y/o de los cambios en la composición de la atmósfera, todos los seres vivos podrían extinguirse. Este escenario apocalíptico es llamado “arma de clatratos”.

Los hidratos de metano tienen una composición no estequiométrica cercana a CH<sub>4</sub>·6H<sub>2</sub>O. Esto significa que por cada “molécula” de metano hay **aproximadamente** 6 “moléculas” de agua en la estructura del hidrato de metano (sólido). Al descomponer 1,000 g de hidrato de metano de una determinada composición (que denotaremos CH<sub>4</sub>·*n*H<sub>2</sub>O) a 25°C y presión atmosférica, se liberan 205 mL de metano.

- (a) Determina el valor de *n* en la fórmula del hidrato de metano, CH<sub>4</sub>·*n*H<sub>2</sub>O (*n* no tiene que ser necesariamente un número entero)

En realidad, a presión atmosférica el hidrato de metano se descompone a –81 °C. Sin embargo, a altas presiones (por ejemplo, en el fondo del océano) el compuesto es estable a temperaturas mucho más altas. La descomposición del hidrato de metano produce metano gaseoso y agua sólida o líquida dependiendo de la temperatura.

- (b) Escribe la ecuación de descomposición de 1 mol de CH<sub>4</sub>·6H<sub>2</sub>O para producir agua en estado sólido (hielo).

La cantidad total de metano en forma de hidratos en el planeta es de 5·10<sup>11</sup> toneladas. Para realizar los cálculos supón que la composición del hidrato es CH<sub>4</sub>·6H<sub>2</sub>O.

- (c) ¿En cuántos grados aumentaría la temperatura promedio de la atmósfera terrestre, si dicha cantidad de metano es quemada en presencia de oxígeno atmosférico? La capacidad calorífica total de la atmósfera terrestre es 4·10<sup>21</sup> J K<sup>-1</sup>.

La Tropósfera es la capa de la atmósfera más cercana a la superficie terrestre, donde se desarrolla la vida; tiene una masa de 3,8·10<sup>15</sup> toneladas y está compuesta por una mezcla de gases con un 20,95 % (en volumen) de O<sub>2</sub> y un 0,040 % (en volumen) de CO<sub>2</sub>. Puede suponerse que el porcentaje restante es N<sub>2</sub>.

- (d) ¿Cómo se modificaría la composición de la Tropósfera si se quemara todo el metano generado a partir de  $5 \cdot 10^{11}$  toneladas de  $\text{CH}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ? Nota: Supón que la combustión del metano es completa, es decir, se generan como únicos productos  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ .

*Ayuda: puedes calcular el % en masa de  $\text{O}_2$  y de  $\text{CO}_2$  inicialmente en la tropósfera y calcular la masa de  $\text{O}_2$  que se consumiría y la masa de  $\text{CO}_2$  que se generaría si se quemara el metano presente en las  $5 \cdot 10^{11}$  toneladas de  $\text{CH}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Con estos datos es sencillo calcular el % de ambos gases luego de la reacción.*

- (e) El mayor riesgo para la vida reside en la generación de monóxido de carbono, gas altamente venenoso. ¿En qué caso podría generarse dicho gas? Escribe la ecuación que representa a la reacción química que tendría lugar en ese caso.

### EJERCICIO 3:

El óxido de nitrógeno (V) o pentóxido de dinitrógeno ( $\text{N}_2\text{O}_5$ ) es un compuesto sólido de color blanco, comúnmente conocido como anhídrido nítrico ya que al mezclarse con agua produce ácido nítrico. A excepción de los demás óxidos de nitrógeno, que se encuentran en estado gaseoso, éste se presenta en estado sólido a temperatura ambiente y funde a  $30,0^\circ\text{C}$ .

- (a) Escribe la ecuación que representa la reacción del  $\text{N}_2\text{O}_5$  con agua.

Se desea analizar una muestra de ácido nítrico obtenida a partir de la reacción anterior. Para ello se toman 2,00 mL de muestra y se diluyen a 100,00 mL con agua (solución A). A continuación se toman 10,00 mL de solución A y se titulan con solución de hidróxido de sodio 0,100 M. Para neutralizar la muestra se emplearon 25,7 mL de la solución de hidróxido de sodio.

- (b) Calcula la concentración de ácido nítrico en la muestra, expresando este valor en moles. $\text{L}^{-1}$  y en porcentaje en peso.
- (c) Dibuja una estructura de Lewis que describa los enlaces químicos en la especie  $\text{N}_2\text{O}_5$ .  
*Nota: considera que los átomos de nitrógeno se encuentran unidos por un átomo de oxígeno ( $\text{O}_2\text{N}-\text{O}-\text{NO}_2$ ).*

Dado que es sólido a temperatura ambiente, se supone que el  $\text{N}_2\text{O}_5$  debe encontrarse como un compuesto iónico "nitrate de nitronio",  $(\text{NO}_2)^+(\text{NO}_3)^-$

- (d) Dibuja estructuras de Lewis que describan los enlaces químicos en las especies  $\text{NO}_2^+$  y  $\text{NO}_3^-$ .
- (e) Indica la geometría molecular de las especies  $\text{NO}_2^+$  y  $\text{NO}_3^-$  en base a la TREPEV.

#### Datos:

$$\Delta_c H^\circ (\text{CH}_4) = -890 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta_c H^\circ (\text{C}_8\text{H}_{18}) = -5471 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta_c H^\circ (\text{H}_2) = -286 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$1 \text{ tonelada} = 1000 \text{ kg}$$