

---

**29<sup>a</sup> OLIMPIADA ARGENTINA DE QUÍMICA**  
**23 DE SEPTIEMBRE DE 2019**  
**CERTAMEN ZONAL – NIVEL 1**

---

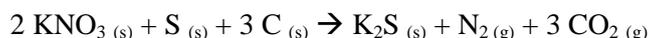
Utilizá la información de tu tabla periódica para obtener los datos atómicos que consideres necesarios. Podés suponer que las sustancias en estado gaseoso se comportan idealmente.  
 $R = 0,082 \text{ L atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ .  $0 \text{ }^\circ\text{C} \equiv 273 \text{ K}$ .

---

Nota: los distintos ítems de este examen no están relacionados entre sí. Si por algún motivo no podés resolver alguno de ellos, **continuá con el siguiente**.

**Ejercicio 1 (40 puntos)**

Como aprendimos en el Certamen Intercolegial, la pólvora es un explosivo que reacciona liberando grandes cantidades de energía, de acuerdo a reacciones químicas como la siguiente:



**a)** Calculá la variación de entalpía estándar a  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  asociada a la reacción anterior a partir de los datos de entalpías estándar de formación de los compuestos involucrados.

Datos:  $\Delta H^\circ \text{ (f, KNO}_3 \text{, s, } 25 \text{ }^\circ\text{C)} = -494,5 \text{ kJ mol}^{-1}$ ;  $\Delta H^\circ \text{ (f, K}_2\text{S, s, } 25 \text{ }^\circ\text{C)} = -406,2 \text{ kJ mol}^{-1}$ ;  $\Delta H^\circ \text{ (f, CO}_2 \text{, g, } 25 \text{ }^\circ\text{C)} = -393,5 \text{ kJ mol}^{-1}$ ;  $\Delta H^\circ \text{ (f, S, s, } 25 \text{ }^\circ\text{C)} = \Delta H^\circ \text{ (f, C, s, } 25 \text{ }^\circ\text{C)} = \Delta H^\circ \text{ (f, N}_2 \text{, g, } 25 \text{ }^\circ\text{C)} = 0 \text{ kJ mol}^{-1}$ .

En un recipiente cerrado de hierro de 200 g de masa y 10 L de capacidad, que contiene aire (21 %  $\text{O}_2$  y 79 %  $\text{N}_2$  en volumen) a 1 atm de presión y  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ , se colocan 0,32 mol de  $\text{KNO}_3$ , 0,16 mol de S, y 0,48 mol de C, y se provoca la explosión. La presión del sistema es controlada de forma tal que en todo momento se mantiene igual a 1 atm.

**b)** ¿Se trata de una reacción endotérmica o exotérmica? Calculá el calor intercambiado por la reacción química en este experimento.

Nota: si no pudiste resolver el ítem (a), considerá que  $\Delta H^\circ \text{ (r, } 25 \text{ }^\circ\text{C)} = -597,7 \text{ kJ mol}^{-1}$ .

**c)** Calculá la temperatura final que alcanzará el recipiente y los gases en su interior luego de la explosión a partir de los datos de las capacidades caloríficas de los compuestos involucrados. Considerá que el  $\text{K}_2\text{S (s)}$  formado no intercambia calor.

Nota: si no pudiste resolver el ítem (b), considerá que  $Q = -95,63 \text{ kJ}$ .

Datos:  $C_p \text{ (O}_2 \text{, g)} = 29,4 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ ;  $C_p \text{ (N}_2 \text{, g)} = 29,1 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ ;  $C_p \text{ (CO}_2 \text{, g)} = 37,1 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ ;  $C_p \text{ (Fe, s)} = 24,8 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ .

d) El combustible que se utiliza en los automóviles también es potencialmente explosivo. Consideraremos que el mismo está compuesto por el líquido n - octano ( $C_8H_{18}$ ). Escribí la reacción de explosión (que es la misma que la de combustión completa) del n - octano.

Las explosiones que estamos analizando son reacciones de “óxido - reducción”, pues en ellas se intercambian electrones. Estudiaremos estas reacciones más adelante en la Unidad 4; por el momento, sólo necesitamos saber que para ocurrir necesitan algún compuesto donante de oxígeno. En el caso de la pólvora, este papel lo desempeña el anión nitrato presente en el  $KNO_3$ , mientras que para la explosión del n - octano se requiere del oxígeno presente en el aire. Es decir que en la pólvora el oxígeno está presente en el mismo explosivo, mientras que para el n - octano debe ser proporcionado externamente.

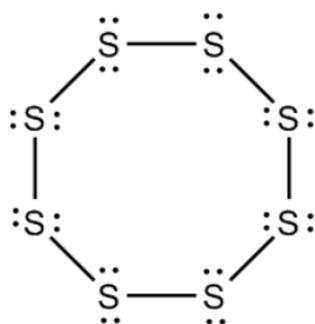
e) El “poder explosivo” suele expresarse como la cantidad de calor liberada por 1 kg de material. Calculá el calor liberado por kilogramo de pólvora (considerá que todos los componentes se encuentran en proporción estequiométrica) y por kilogramo de mezcla n - octano :  $O_2$  (considerá la cantidad estequiométrica de  $O_2$  necesaria para que reaccione todo el n - octano). ¿Cuál de los dos presenta mayor poder explosivo?

Nota: si no pudiste resolver el ítem (a), considerá que  $\Delta H^\circ (r, 25\text{ }^\circ\text{C}) = -597,7\text{ kJ mol}^{-1}$ . Si no pudiste resolver el ítem (d), considerá que por cada molécula de n - octano se requieren para la explosión 13 moléculas de oxígeno.

Datos:  $\Delta H^\circ (\text{comb}, C_8H_{18}, 1, 25\text{ }^\circ\text{C}) = -5471\text{ kJ mol}^{-1}$ .

### **Ejercicio 2 (30 puntos)**

El azufre elemental que hemos representado hasta ahora como S (s), es en realidad un sólido formado por moléculas cíclicas de ciclooctaazufre ( $S_8$ ). En la siguiente figura se muestra la estructura de Lewis de este compuesto.



a) ¿Cuáles son las geometrías electrónica y molecular locales alrededor de cada átomo de azufre?

b) ¿Qué tipo de interacciones creés que mantienen unidas principalmente a las moléculas de  $S_8$  en el sólido? Marcá con una X la opción que consideres correcta (sólo hay una):

Interacciones de dispersión	Dipolo permanente – dipolo permanente	Dipolo permanente – dipolo inducido	Puente hidrógeno	Interacciones ion - ion

Por otro lado, el carbono existe en dos “variedades alotrópicas”. Este término hace referencia a distintas formas estructurales que puede adoptar una sustancia elemental. En el **grafito**, cada átomo de carbono se encuentra unido por enlaces covalentes a otros tres, formando de esta manera “láminas” planas e infinitas de átomos de carbono. El sólido (por ejemplo, el grafito de la mina de un lápiz) está formado por apilamientos de estas láminas que interactúan entre sí por fuerzas intermoleculares. Por otro lado, en el **diamante** cada átomo de carbono se encuentra unido por enlaces covalentes a otros cuatro, formando una red infinita tridimensional.

c) Completá la siguiente tabla referida al número y tipo de enlaces que presenta cada uno de los átomos de carbono en cada una de las estructuras. No dejes ningún casillero vacío; si en algún caso tu respuesta es “ninguno”, colocá el número cero (0):

	Cantidad de enlaces simples	Cantidad de enlaces dobles	Cantidad de pares libres
C (grafito)			
C (diamante)			

d) ¿Cuáles son las geometrías electrónica y molecular locales alrededor de cada átomo de carbono en cada una de las estructuras?

	Geometría electrónica	Geometría molecular
C (grafito)		
C (diamante)		

e) Marcá con una X en la siguiente tabla de qué tipo de sólido se trata cada compuesto:

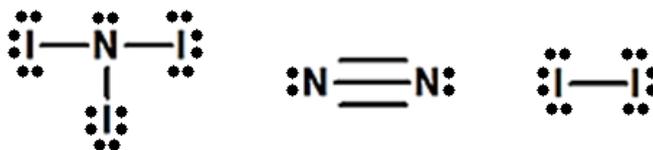
Compuesto	Sólido iónico	Sólido covalente	Sólido molecular
KNO <sub>3</sub>			
S <sub>8</sub>			
C (grafito)			
C (diamante)			
K <sub>2</sub> S			

### **Ejercicio 3 (30 puntos)**

Otro tipo de explosivos son los llamados “explosivos primarios”, que son compuestos químicos tan inestables que reaccionan explosivamente frente a casi cualquier estímulo (por ejemplo, un golpe suave). Un ejemplo de este tipo de compuestos es el triioduro de nitrógeno, NI<sub>3</sub>, que reacciona para formar iodo y nitrógeno moleculares de acuerdo a la siguiente estequiometría:



A continuación se muestran las estructuras de Lewis todos estos compuestos:



a) Estimá en base a los datos de energías de enlace proporcionados a continuación la cantidad de calor liberada por la explosión de un mol de este compuesto.

Datos de energías de enlace: N – I: 183 kJ mol<sup>-1</sup>; N ≡ N: 942 kJ mol<sup>-1</sup>; I – I: 148 kJ mol<sup>-1</sup>.

b) Marcá con una X en la siguiente tabla qué tipo de interacciones presentarán entre sí las moléculas de cada uno de estos compuestos:

	Interacciones de dispersión	Dipolo permanente – dipolo permanente	Dipolo permanente – dipolo inducido	Puente hidrógeno	Interacciones ion - ion
I <sub>2</sub>					
N <sub>2</sub>					
NI <sub>3</sub>					

c) ¿Por qué creés que a temperatura ambiente y presión atmosférica el I<sub>2</sub> es sólido mientras que el N<sub>2</sub> es gas?

Otro explosivo primario muy conocido es la nitroglicerina, C<sub>3</sub>H<sub>5</sub>N<sub>3</sub>O<sub>9</sub>. Se trata de un líquido muy inestable que puede llegar a explotar ante estímulos muy suaves. Una estequiometría propuesta para su explosión es:



d) Calculá la variación de entalpía estándar asociada a esta reacción que ocurre a altas temperaturas, a partir de los datos proporcionados a continuación:

Datos: ΔH° (f, C<sub>3</sub>H<sub>5</sub>N<sub>3</sub>O<sub>9</sub>, l) = - 370,0 kJ mol<sup>-1</sup>; ΔH° (comb, C, s) = - 393,4 kJ mol<sup>-1</sup>; ΔH° (f, H<sub>2</sub>O, l) = - 285,8 kJ mol<sup>-1</sup>; ΔH° (vaporización, H<sub>2</sub>O, l) = 40,7 kJ mol<sup>-1</sup>.

Tarea para el hogar: Googleá “azidoazida azida” e investigá las propiedades explosivas de este compuesto.