
29ª OLIMPIADA ARGENTINA DE QUÍMICA
16 DE AGOSTO DE 2019
CERTAMEN INTERCOLEGIAL – 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.
 $R = 0,082 \text{ L atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$. $0^\circ\text{C} \equiv 273 \text{ K}$.

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

Notas de corrección:

Los puntos de los cálculos se asignan a cada cálculo individual. Si el/la estudiante realiza un cálculo correcto con un número incorrecto obtenido de un paso anterior, el cálculo se considera correcto. No penalizar dos veces por el mismo error.

En ningún caso el puntaje asignado a un ítem podrá ser menor a los 0 puntos.

Ejercicio 1 (30 puntos)

La pólvora es un explosivo formado por azufre, carbón, y nitratos de metales alcalinos (MNO_3) o alcalino-térreos ($\text{M}(\text{NO}_3)_2$). Su origen se remonta al siglo IX en China, y con el correr de los siglos se han desarrollado distintas formulaciones. Cuando reacciona libera grandes cantidades de calor y de gas; a estas características se debe su comportamiento explosivo.

a) El análisis elemental de 1,073 g de una muestra del nitrato de un metal alcalino MNO_3 utilizado para elaborar pólvora arrojó los siguientes resultados expresados en porcentaje en masa: 8,3 % de impurezas, 12,7 % de N, 43,6 % de O, y 35,5 % del metal. ¿De qué metal se trata?

Impurezas $\rightarrow 0,089 \text{ g}$

N $\rightarrow 0,136 \text{ g} \equiv 9,71 \times 10^{-3} \text{ mol}$ ($M_r = 14,01 \text{ g mol}^{-1}$) 1 punto

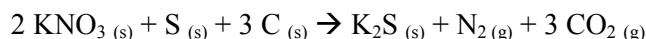
O $\rightarrow 0,468 \text{ g} \equiv 0,0293 \text{ mol}$ ($M_r = 16,00 \text{ g mol}^{-1}$) 1 punto

Metal $\rightarrow 0,381 \text{ g} \equiv 9,71 \times 10^{-3} \text{ mol}$ (5 puntos) $\rightarrow M_r(\text{metal}) = 0,381 \text{ g} / 9,71 \times 10^{-3} \text{ mol} = 39,2 \text{ g mol}^{-1}$
1 punto

Se trata del potasio (K) 2 puntos

10 puntos totales

b) La reacción química que representa la explosión de la pólvora es compleja. Una estequiometría posible es la siguiente:



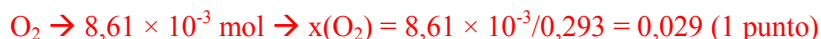
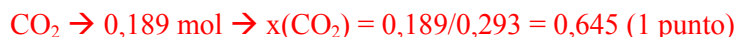
Para estudiar el poder explosivo de la pólvora se introdujeron en un recipiente metálico de 1 L de capacidad que contenía aire (21 % O_2 , 79 % N_2 en volumen) a 1 atm y 25 °C, 20,23 g de pólvora de composición en masa: 75 % KNO_3 , 15% C, y 10 % S. Calcular las fracciones molares de todos los gases presentes en el sistema después de la explosión, considerando que la reacción es completa.

Tomando $P = 1 \text{ atm}$, $V = 1 \text{ L}$, $R = 0,082 \text{ L atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$, y $T = 298 \text{ K}$, se tiene $n = 0,041 \text{ mol}$ de aire (2 puntos), lo que corresponde a $8,61 \times 10^{-3} \text{ mol}$ de O_2 y $0,0324 \text{ mol}$ de N_2 (1 punto cada uno)

Por otro lado,



En base a la estequiometría y a las cantidades, se deduce que el S es el reactivo limitante (5 puntos por deducir esto) $\rightarrow$ con un rendimiento del 100 % se obtienen $0,063 \text{ mol}$ de N_2 (1 punto) y $0,189 \text{ mol}$ de CO_2 (1 punto). Es decir que se tiene $n = 0,293$ moles totales de gases, de los cuales:



15 puntos totales

c) Después de la explosión la temperatura que alcanzan los gases en el interior del recipiente es de 1073 °C. Teniendo en cuenta que el recipiente puede soportar una presión máxima de 25 atm, ¿resiste la explosión?

Nota: si no pudiste resolver el ítem anterior, considerá que se formaron $0,2 \text{ mol}$ de CO_2 y $0,05 \text{ mol}$ de N_2 .

Tomando $n = 0,293 \text{ mol}$, $R = 0,082 \text{ L atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$, $T = 1346 \text{ K}$ y $V = 1 \text{ L}$, se tiene $P = 32,34 \text{ atm}$, por lo que el recipiente no resiste la explosión.

5 puntos totales

Ejercicio 2 (35 puntos)

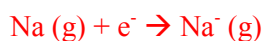
a) Los nitratos más utilizados en la elaboración de la pólvora son los de sodio, potasio, y calcio. Marcá con una X las afirmaciones que consideres correctas respecto de las propiedades de estos iones:

El orden creciente de los radios iónicos es $\text{Na}^+ < \text{K}^+ < \text{Ca}^{2+}$	
El orden creciente de los radios iónicos es $\text{Ca}^{2+} < \text{K}^+ < \text{Na}^+$	
No puede establecerse con facilidad el orden exacto de los radios de los tres iones dado que	X

las tendencias al moverse en el grupo y en el período son opuestas.	
$r(\text{Na}^+) < r(\text{K}^+)$	X
$r(\text{Na}^+) > r(\text{K}^+)$	
$r(\text{K}^+) < r(\text{Ca}^{2+})$	
$r(\text{K}^+) > r(\text{Ca}^{2+})$	X
Ninguna de las opciones anteriores es correcta.	

3 puntos por cada respuesta correcta. Cada respuesta incorrecta resta 3 puntos. El puntaje no podrá ser inferior a 0 puntos. **9 puntos totales**

b) Escribí una ecuación química que represente el proceso asociado a la afinidad electrónica del sodio.



Si no incluye o equivoca los estados de agregación, restar la mitad del puntaje.

3 puntos totales

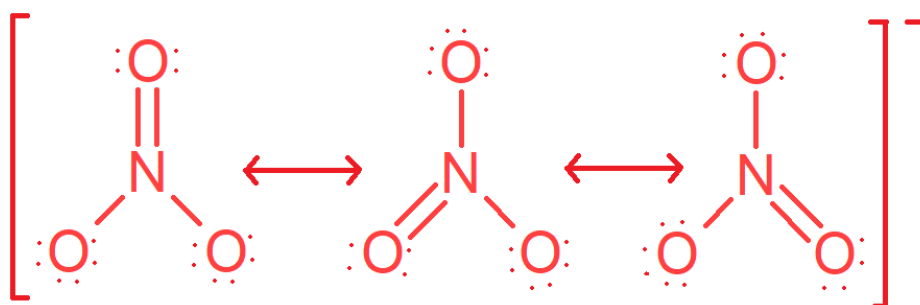
c) Escribí una ecuación química que represente el proceso asociado a la primera energía de ionización del calcio.



Si no incluye o equivoca los estados de agregación, restar la mitad del puntaje.

3 puntos totales

d) Representá la estructura de Lewis del anión nitrato (NO_3^-)



Si la cantidad de electrones totales de la molécula es incorrecta o si algún átomo no cumple la regla del octeto, la estructura se considera incorrecta.

Los electrones son indistinguibles y por lo tanto se considera incorrecto utilizar distintos símbolos para representarlos. Se restarán 5 puntos si utiliza símbolos distintos para distintos electrones. En la misma línea, se restarán 5 puntos si la estructura incluye alguna unión “dativa”.

La estructura completa incluye las tres formas de resonancia. Se restarán 5 puntos por cada estructura de resonancia faltante.

El puntaje no podrá ser inferior a 0 puntos.

No se penalizará si no usa corchetes para encerrar la estructura, ni tampoco se penalizará si no pone la carga total del ion.

15 puntos totales

e) Marcá con una X la afirmación que consideres correcta respecto de las propiedades del N y del O:

El átomo de O es más grande que el átomo de N porque tiene más electrones.	
El átomo de O es más grande que el átomo de N porque sus electrones de valencia perciben una carga nuclear efectiva menor.	
El átomo de O es más chico que el átomo de N porque es más electronegativo.	
El átomo de O es más chico que el átomo de N porque sus electrones de valencia perciben una carga nuclear efectiva mayor.	X
Ninguna de las opciones anteriores es correcta.	

5 puntos totales

Ejercicio 3 (35 puntos)

Un tipo de explosivo muy utilizado en los fuegos artificiales consiste en mezclas de un elemento metálico en forma de polvo finamente dividido con sales que aportan oxígeno.

a) Entre estos explosivos se encuentra la mezcla de nitrato de potasio con magnesio. Uno de los productos de la explosión es el óxido de potasio. ¿Cuál es la fórmula de este óxido? ¿Es un compuesto predominantemente iónico o predominantemente covalente? ¿Se trata de un óxido ácido o básico? Escribí la ecuación química balanceada que representa la reacción de este óxido con agua.

K_2O , compuesto predominantemente iónico, óxido básico. (2 puntos por cada respuesta)

$K_2O (s) + H_2O (l) \rightarrow 2 KOH (ac)$ (4 puntos; restar dos puntos si olvida o equivoca algún estado de agregación). También se considera válido si escribe los productos en su forma iónica.

10 puntos totales

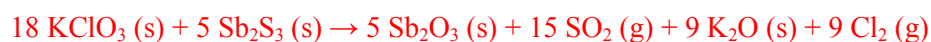
b) Otra mezcla muy empleada es la de perclorato de potasio ($KClO_4$) con aluminio. El anión perclorato proviene del ácido perclórico, el cual puede obtenerse a partir de la reacción de un óxido de cloro (VII) que es líquido a temperatura ambiente, con agua. ¿Cuál es la fórmula de este óxido? ¿Es un compuesto predominantemente iónico o predominantemente covalente? ¿Se trata de un óxido ácido o básico? Escribí la ecuación química balanceada que representa la reacción de este óxido con agua.

Cl_2O_7 , compuesto predominantemente covalente, óxido ácido. (2 puntos por cada respuesta)

$\text{Cl}_2\text{O}_7 (\text{l}) + \text{H}_2\text{O} (\text{l}) \rightarrow 2 \text{HClO}_4 (\text{ac})$ (4 puntos; restar dos puntos si olvida o equivoca algún estado de agregación) También se considera válido si escribe los productos en su forma iónica.

10 puntos totales

c) La mezcla de trisulfuro de antimonio (Sb_2S_3) y clorato de potasio (KClO_3) también ha sido ampliamente utilizada en fuegos artificiales. La reacción química entre estos dos compuestos genera Sb_2O_3 , SO_2 , K_2O , y Cl_2 . Escribí una ecuación química balanceada que represente esta reacción, considerando que todos los compuestos son sólidos, salvo el Cl_2 y el SO_2 que son gases.

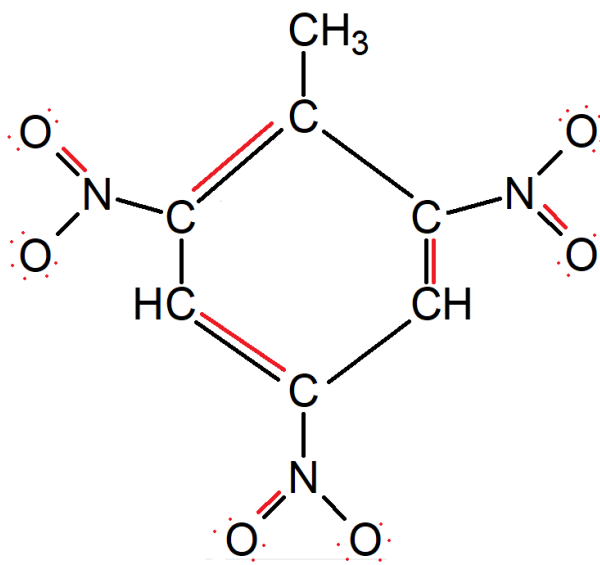


10 puntos totales (El balanceo está correcto o incorrecto; no se asignan puntajes parciales por “compuestos bien balanceados”. Restar dos puntos por cada estado de agregación olvidado o equivocado. El puntaje no podrá ser inferior a 0 puntos).

d) El trinitrotolueno (TNT) es otro compuesto explosivo muy utilizado. Su fórmula molecular es $\text{C}_7\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_6$. Completá la estructura de Lewis que se presenta a continuación, agregando la cantidad de pares de electrones libres y de enlaces múltiples que consideres necesarios. “ CH_3 ” se refiere a un carbono enlazado por enlaces simples a tres átomos de hidrógeno, mientras que “ CH ” se refiere a un carbono enlazado por enlace simple a un átomo de hidrógeno.

Ayuda: contá la cantidad total de electrones de valencia de los átomos que conforman la molécula; el total de esos electrones debe estar presente en la estructura.

Nota: este compuesto tiene numerosas estructuras de resonancia posibles. Cualquiera de las estructuras correctas que elijas representar se tomará como válida.



Se presenta sólo una estructura de resonancia; cualquier otra que sea correcta se considera válida. El puntaje es todo o nada. **5 puntos totales.**