

34^a OLIMPIADA ARGENTINA DE QUÍMICA

19 DE SEPTIEMBRE DE 2024

CERTAMEN ZONAL – NIVEL 1

RESPUESTAS

Utilizá la información de tu tabla periódica para obtener los datos atómicos que consideres necesarios.

$0\text{ }^{\circ}\text{C} \equiv 273,15\text{ K}$; $N_A = 6,02 \times 10^{23}\text{ mol}^{-1}$; $R = 0,082\text{ L atm K}^{-1}\text{ mol}^{-1}$

$p \times V = n \times R \times T$; $x_A = n_A / n_T$; $Q = m \times C_p \times \Delta T$.

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**.

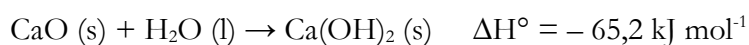
Notas de corrección:

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. De lo contrario se estaría penalizando dos veces por el mismo error. Igualmente, un razonamiento incorrecto basado en una idea incorrecta de un ítem anterior se considera correcto (por ejemplo, si plantea mal una estructura de Lewis pero luego asigna la geometría de manera consistente con esa estructura, la geometría se considera correcta). **En ningún caso el puntaje asignado a un ítem podrá ser inferior a 0 puntos.**

Ejercicio 1 (25 Puntos)

“Cal” es el nombre que se da a las distintas formas en que pueden presentarse el óxido y el hidróxido de calcio (CaO y Ca(OH)_2 , respectivamente). Estos compuestos presentan numerosas aplicaciones en la industria y en el control de contaminantes ambientales.

La reacción del CaO con agua genera Ca(OH)_2 . Esta reacción es muy exotérmica, lo cual hace que sea peligroso almacenar y transportar la cal en recipientes de madera, ya que podría provocar incendios en las bodegas de los barcos:



a) Sabiendo que el oxígeno y el hidrógeno son gases formados por moléculas diatómicas a temperatura ambiente, y que el calcio es un elemento metálico, escribir una ecuación para la reacción de formación del Ca(OH)_2 . No olvides incluir los estados de agregación.



No se asignan puntos parciales por coeficientes estequiométricos correctos.

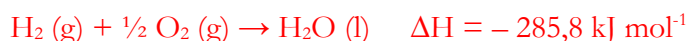
Restar de a 1 punto por cada omisión o error en estados de agregación (como máximo 2 puntos).

Restar 2 puntos si balancea para otra cantidad de producto que no sea un mol.

Si sólo escribe bien todas las especies, teniendo mal el balanceo y estados de agregación incorrectos u omitidos, suma sólo 1 punto en total.

5 puntos totales

b) A partir de la información proporcionada en el enunciado y teniendo en cuenta los datos al final del ejercicio, calcular la entalpía estándar de formación del Ca(OH)_2 .



3 puntos por reconocer que la ecuación global es la suma de estas 3 ecuaciones; no hace falta que muestre explícitamente la suma de las 3 ecuaciones. No se asignan puntos parciales por “reacciones bien usadas”. Si el planteo es consistente con una reacción incorrecta del ítem (a) y correcto, asignar todos los puntos.



2 puntos por identificar que deben sumar las 3 contribuciones (incluyendo el signo correcto) y 1 punto por hacer bien el cálculo. Si planteó mal las ecuaciones anteriores pero plantea un cálculo consistente, también tiene 2 puntos (o 3, si hace bien su cálculo).

6 puntos totales

c) Una muestra de 500 g de agua reacciona con una cantidad equimolar de CaO (es decir, la misma cantidad de moles de cada uno). Calcular la temperatura final alcanzada (expresada en $^{\circ}\text{C}$) al concluir la reacción, suponiendo que todo el calor es absorbido por el producto formado, y que la temperatura inicial es 25°C .

$$n (\text{H}_2\text{O}) = 27,8 \text{ mol} ; n (\text{CaO}) = 27,8 \text{ mol} \text{ (1 punto)}$$

$$Q = 27,8 \text{ mol} \times [-65,2 \text{ kJ mol}^{-1}] = -1812,6 \text{ kJ}$$

2 puntos por plantear bien la expresión y 1 punto por hacer bien el cálculo; si calculó mal los moles no se vuelve a penalizar.

$$-Q = n (\text{Ca(OH)}_2) \times C_p (\text{Ca(OH)}_2) \times (T_f - 25^\circ\text{C}) \rightarrow T_f = 758,4^\circ\text{C}$$

2 puntos por plantear bien la expresión, 1 punto por usar el C_p correcto, 2 puntos por reconocer que debe usarse $-Q$ y 1 punto por hacer bien el cálculo; si calculó mal Q en el paso anterior no se vuelve a penalizar por usar un número incorrecto.

10 puntos totales

d) Si la capacidad calorífica del Ca(OH)_2 fuera igual (es decir, su valor numérico) a la del CaO , ¿cómo hubiese sido la temperatura final alcanzada, en comparación? Marcar con una X la opción que consideres correcta:

La temperatura alcanzada hubiese sido mayor , ya que al ser más baja la capacidad calorífica del producto, este absorbería más calor para un cierto valor de ΔT .	
La temperatura alcanzada hubiese sido menor , ya que al ser más baja la capacidad calorífica del producto, este absorbería más calor para un cierto valor de ΔT .	
La temperatura alcanzada hubiese sido mayor , ya que al ser más baja la capacidad calorífica del producto, este absorbería menos calor para un cierto valor de ΔT .	X
La temperatura alcanzada hubiese sido menor , ya que al ser más baja la capacidad calorífica del producto, este absorbería menos calor para un cierto valor de ΔT .	
La temperatura alcanzada hubiese sido la misma , ya que esta no depende de la capacidad calorífica del producto sino del calor liberado por la reacción.	

4 puntos totales. No obtiene puntos si marca más de una opción.

Datos

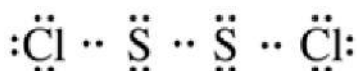
Capacidades caloríficas: $C_p (\text{CaO}) = 53,1 \text{ J mol}^{-1} ^\circ\text{C}^{-1}$; $C_p (\text{Ca(OH)}_2) = 88,9 \text{ J mol}^{-1} ^\circ\text{C}^{-1}$

Entalpías estándar de formación: $\Delta H^\circ_f (\text{CaO}) = -635,6 \text{ kJ mol}^{-1}$; $\Delta H^\circ_f (\text{H}_2\text{O}) = -285,8 \text{ kJ mol}^{-1}$

Ejercicio 2 (40 Puntos)

El dicloruro de diazufre es un compuesto químico de fórmula S_2Cl_2 , que forma un líquido amarillento en condiciones ambiente.

a) Representar la estructura de Lewis para este compuesto, sabiendo que la conectividad es Cl-S-S-Cl .

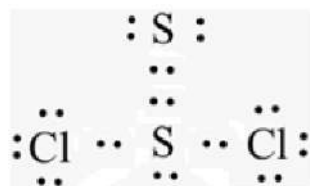


La estructura es correcta o no, no se asignan puntos parciales por átomos o enlaces bien colocados. Si faltan electrones, está incorrecta. Si faltan átomos, está incorrecta. Los electrones son indistinguibles y por lo tanto se considera incorrecto utilizar distintos símbolos para representarlos. Se restan 3 puntos si utiliza símbolos distintos para los electrones y/o representa alguna unión “dativa”.

4 puntos totales

Cuando el S_2Cl_2 se expone a radiación ultravioleta, se obtiene *cloruro de titionilo*, un compuesto que tiene la misma fórmula molecular pero distinta estructura (aquellos compuestos que presentan igual fórmula molecular pero distinta estructura se denominan “isómeros”).

b) Representar la estructura de Lewis para el cloruro de titionilo sabiendo que su geometría molecular es piramidal (o pirámide de base trigonal).

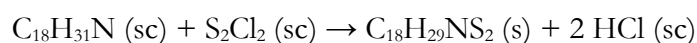


La estructura es correcta o no, no se asignan puntos parciales por átomos o enlaces bien colocados. Si faltan electrones, está incorrecta. Si faltan átomos, está incorrecta. Si coloca un enlace simple S – S, la estructura se considera correcta. Si coloca un Cl como átomo central, se asigna la mitad del puntaje. Los electrones son indistinguibles y por lo tanto se considera incorrecto utilizar distintos símbolos para representarlos. Se restan 3 puntos si utiliza símbolos distintos para los electrones y/o representa alguna unión “dativa” (no volver a penalizar esto si ya se penalizó en el ítem anterior).

4 puntos totales

El S_2Cl_2 se utiliza en la síntesis de colorantes, ya que permite introducir enlaces C–S en compuestos carbonados. Estos enlaces, muy comunes en algunos colorantes orgánicos, son difíciles de generar.

Una solución que contiene 391 mg de S_2Cl_2 se agregó a otra solución que contiene 500 mg 2,4,6-Tri-t-butilanilina ($C_{18}H_{31}N$). Al finalizar la reacción, se obtuvieron 434 mg del producto buscado, de fórmula $C_{18}H_{29}NS_2$. La reacción está representada por la siguiente ecuación (balanceada):



c) Calcular el rendimiento (en %) de esta reacción.

391 mg $\text{S}_2\text{Cl}_2 \equiv 2,89 \text{ mmol}$ ($M = 135,2 \text{ g mol}^{-1}$) (1 punto)

500 mg $\text{C}_{18}\text{H}_{31}\text{N} \equiv 1,92 \text{ mmol}$ ($M = 261 \text{ g mol}^{-1}$) (1 punto)

434 mg $\text{C}_{18}\text{H}_{29}\text{NS}_2 \equiv 1,35 \text{ mmol}$ ($M = 321,2 \text{ g mol}^{-1}$) (1 punto)

El reactivo limitante es el $\text{C}_{18}\text{H}_{31}\text{N}$. Cantidad esperada de $\text{C}_{18}\text{H}_{29}\text{NS}_2 = 1,92 \text{ mmol}$.

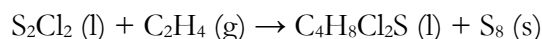
1 punto por reconocer que hay un reactivo limitante y 2 puntos por elegir el reactivo limitante correcto. Recordar no doble penalizar.

Rendimiento = $(1,35 \text{ mmol} / 1,92 \text{ mmol}) \times 100 = 70,3 \%$

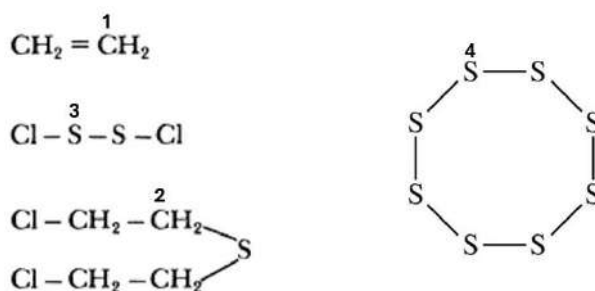
1 punto por la expresión y 1 punto por hacer bien el cálculo. Recordar no doble penalizar.

8 puntos totales

El S_2Cl_2 se ha utilizado en el pasado para obtener gas mostaza, un compuesto de fórmula $\text{C}_4\text{H}_8\text{Cl}_2\text{S}$ (que en realidad es líquido a temperatura ambiente), tristemente célebre por haber sido utilizado como arma química durante la Primera Guerra Mundial. La siguiente ecuación (**no balanceada!**) representa la obtención de este compuesto a 25°C :



A continuación se presentan las estructuras de los compuestos involucrados en la reacción anterior (no son estructuras de Lewis, sólo muestran la conectividad y qué tipo de enlace hay entre los distintos átomos):



Nota: “ CH_2 ” representa un átomo de carbono unido a dos átomos de hidrógeno mediante un enlace simple con cada uno de ellos. En el C_2H_4 el enlace doble es entre los dos átomos de carbono. En el $\text{C}_4\text{H}_8\text{Cl}_2\text{S}$, el “esqueleto” del compuesto es: $\text{Cl} - \text{C} - \text{C} - \text{S} - \text{C} - \text{C} - \text{Cl}$.

d) Completar la siguiente tabla referida a la geometría molecular en torno a los átomos indicados con números en la figura:

Átomo	Geometría molecular local
C en CH ₂ CH ₂ (1)	Plana trigonal
C en C ₄ H ₈ Cl ₂ S (2)	Tetraédrica
S en el S ₂ Cl ₂ (3)	Angular
S en el S ₈ (4)	Angular

1,5 puntos cada opción correcta. 6 puntos totales.

e) Utilizando los datos de energía de enlace y energías de transición de fase proporcionados a continuación, estimar un valor para la variación de energía de la reacción de obtención del (C₄H₈Cl₂S).

$$E(\text{C}=\text{C}) = 611 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$E(\text{S}-\text{Cl}) = 251 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$E(\text{C}-\text{C}) = 348 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$E(\text{S}-\text{S}) = 266 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$E(\text{C}-\text{H}) = 414 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$E_{\text{Vaporización}}(\text{S}_2\text{Cl}_2) = 41,1 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$E(\text{C}-\text{Cl}) = 328 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$E_{\text{Vaporización}}(\text{C}_4\text{H}_8\text{Cl}_2\text{S}) = 59,8 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$E(\text{C}-\text{S}) = 259 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$E_{\text{Sublimación}}(\text{S}_8) = 45 \text{ kJ mol}^{-1}$$



2 puntos por balanceo.

Energía de enlace en el S₂Cl₂: $2 \times E(\text{S}-\text{Cl}) + E(\text{S}-\text{S}) = 768 \text{ kJ mol}^{-1}$

Energía de enlace en el C₂H₄: $4 \times E(\text{C}-\text{H}) + E(\text{C}=\text{C}) = 2267 \text{ kJ mol}^{-1}$

Energía de enlace en el C₄H₈Cl₂S:

$$8 \times E(\text{C}-\text{H}) + 2 \times E(\text{C}-\text{C}) + 2 \times E(\text{C}-\text{Cl}) + 2 \times E(\text{C}-\text{S}) = 5182 \text{ kJ mol}^{-1}$$

Energía de enlace en el S₈: $8 \times E(\text{S}-\text{S}) = 2128 \text{ kJ mol}^{-1}$

1,5 puntos por reconocer y calcular cada contribución debida a los enlaces de cada compuesto, incluyendo el número de enlaces de cada tipo, independientemente del signo (6 puntos).

Energía de los enlaces que se rompen: $8 \times E(\text{S}_2\text{Cl}_2) + 16 \times E(\text{C}_2\text{H}_4) = 42416 \text{ kJ}$

Energía de los enlaces que se forman: $-[8 \times E(\text{C}_4\text{H}_8\text{Cl}_2\text{S}) + E(\text{S}_8)] = -43584 \text{ kJ}$

2 puntos por considerar los coeficientes estequiométricos (si no intentó balancear no se le asignan estos dos puntos; si balanceó mal pero acá usa los coeficientes estequiométricos que planteó, se le asignan los 2 puntos).

3 puntos por poner el signo correcto a todas las energías de enlace según si son de productos o de reactivos.

Tres de los compuestos se encuentran en fase condensada, por lo que deben pasarse a fase gaseosa para poder utilizar las energías de enlace:

$$\text{Vaporización del S}_2\text{Cl}_2: 8 \times E_{\text{Vaporización}} (\text{S}_2\text{Cl}_2) = 328,8 \text{ kJ}$$

$$\text{Condensación del C}_4\text{H}_8\text{Cl}_2\text{S}: - [8 \times E_{\text{Vaporización}} (\text{C}_4\text{H}_8\text{Cl}_2\text{S})] = -478,4 \text{ kJ}$$

$$\text{Condensación del S}_8: - [1 \times E_{\text{Sublimación}} (\text{S}_8)] = -45 \text{ kJ}$$

3 puntos por las contribuciones de cambio de fase (1 punto por cada una, incluyendo que tenga su signo correcto).

$$E_{\text{Reacción}} = 42416 \text{ kJ} - 43584 \text{ kJ} + 328,8 \text{ kJ} - 478,4 \text{ kJ} - 45 \text{ kJ} = -1362,6 \text{ kJ}$$

2 puntos por hacer el cálculo que incluye todos los términos que el/la estudiante consideró en su análisis.

Si realiza todo el procedimiento para otro balanceo (correcto) de la ecuación, se considera correcto.

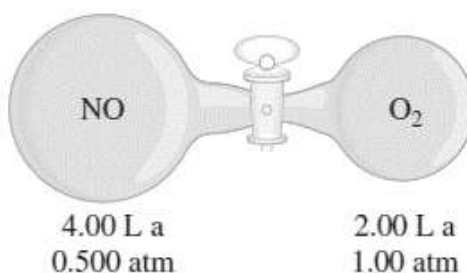
18 puntos totales

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. De lo contrario se estaría penalizando dos veces por el mismo error.

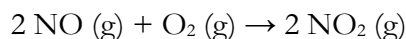
Si el procedimiento utilizado por el/la estudiante no es el mismo que se muestra en esta resolución, asignar el puntaje según las ideas correctas que haya en ese procedimiento, en base al esquema proporcionado aquí.

Ejercicio 3 (35 Puntos)

Para estudiar el proceso de mezcla de gases que reaccionan químicamente, se diseñó un dispositivo experimental que se muestra en la figura:



Inicialmente los gases NO y O₂ se encuentran separados; una vez que se abre la válvula, los gases se mezclan y ocurre la reacción dada por:



a) Calcular la presión en el interior del recipiente y las fracciones molares de todos los gases presentes una vez concluida la reacción, sabiendo que su rendimiento es 76,8 %, teniendo en cuenta que en todo momento la temperatura es 100 °C y que el volumen del recipiente entero es 6,00 L (es decir, el tubo que conecta ambos recipientes no aporta al volumen total).

Inicialmente (aplicando la ecuación de gases ideales a cada recipiente por separado):

$n(\text{NO}) = 0,0654 \text{ mol}$; $n(\text{O}_2) = 0,0654 \text{ mol}$ (1 punto cada uno)

El reactivo limitante es el NO (2 puntos por reconocer esto)

Al concluir la reacción:

$n(\text{NO}_2) = 0,768 \times 0,0654 \text{ mol} = 0,0502 \text{ mol}$ (1 punto)

$n(\text{NO}) = 0,0654 \text{ mol} - 0,0502 \text{ mol} = 0,0152 \text{ mol}$ (1 punto)

$n(\text{O}_2) = 0,0654 \text{ mol} - 0,0251 \text{ mol} = 0,0403 \text{ mol}$ (1 punto)

$n(\text{tot}) = 0,106 \text{ mol}$ (1 punto)

Utilizando la ecuación de gases ideales para el volumen total y la cantidad de moles total:

$p = 0,541 \text{ atm}$ (1 punto)

$x(\text{NO}_2) = 0,0502 / 0,106 \text{ mol} = 0,474$

$x(\text{NO}) = 0,0152 / 0,106 \text{ mol} = 0,143$

$x(\text{O}_2) = 0,0403 \text{ mol} / 0,106 \text{ mol} = 0,380$

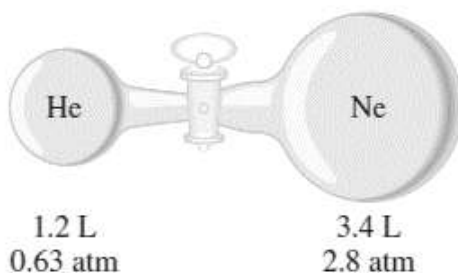
(1 punto por el cálculo de cada fracción molar)

12 puntos totales

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. De lo contrario se estaría penalizando dos veces por el mismo error.

Si el procedimiento utilizado por el/la estudiante no es el mismo que se muestra en esta resolución, asignar el puntaje según las ideas correctas que haya en ese procedimiento, en base al esquema proporcionado aquí.

Se diseñó otro experimento para estudiar el proceso de mezcla de gases que no reaccionan entre sí, utilizando el siguiente dispositivo:



Inicialmente, el recipiente contiene helio y neón separados por una válvula. Una vez abierta la válvula, los gases se mezclan, sin reaccionar, ocupando ambos la totalidad del recipiente.

b) Calcular la presión en el interior del recipiente y las presiones parciales al final del experimento, sabiendo que en todo momento la temperatura permanece constante y que el volumen del recipiente entero es 4,6 L (es decir, el tubo que conecta ambos recipientes no aporta al volumen total).

$p \times V = n \times R \times T$ (aplica al Ne en su recipiente, al He en su recipiente, y a la mezcla en el volumen total) (2 puntos por reconocer esto)

$$[p \times V] (\text{helio}) = [n \times R \times T] = 0,756 \text{ L atm} = \text{cte (no cambia } T \text{ ni } n)$$

$$[p \times V] (\text{neón}) = [n \times R \times T] = 9,52 \text{ L atm} = \text{cte (no cambia } T \text{ ni } n)$$

2 puntos por reconocer que $p \times V$ para cada gas permanece constante y 1 punto por los cálculos.

$$p(\text{helio}) \times V_t = 0,756 \text{ L atm} \rightarrow p(\text{helio}) = 0,164 \text{ atm (1 punto)}$$

$$p(\text{neón}) \times V_t = 9,52 \text{ L atm} \rightarrow p(\text{neón}) = 2,07 \text{ atm (1 punto)}$$

$$p = 2,23 \text{ atm (1 punto)}$$

8 puntos totales

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. De lo contrario se estaría penalizando dos veces por el mismo error.

Si el procedimiento utilizado por el/la estudiante no es el mismo que se muestra en esta resolución, asignar el puntaje según las ideas correctas que haya en ese procedimiento, en base al esquema proporcionado aquí.

c) Marcar con una X en la siguiente tabla qué tipo/s de interacciones presenta/n las moléculas de cada uno de los gases entre sí:

Compuesto	Dispersión	Dipolo - Dipolo	Puente hidrógeno	Iónicas
He	X			
Ne	X			
NO	X	X		
O ₂	X			
NO ₂	X	X		

1 punto cada opción correcta. Cada opción incorrecta resta 2 puntos.

7 puntos totales. El puntaje total no puede ser inferior a 0 puntos.

d) Ordenar los compuestos presentados en el ítem anterior según su temperatura de ebullición:

Menor temp. de ebullición				Mayor temp. de ebullición
He	Ne	O ₂	NO	NO ₂

2 puntos por cada par de compuestos ordenados correctamente uno respecto del otro.

8 puntos totales