



32^a OLIMPIADA ARGENTINA DE QUÍMICA
16 DE SEPTIEMBRE DE 2022
CERTAMEN ZONAL – NIVEL 1
RESPUESTAS

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.

$R = 0,082 \text{ L atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$. $0^\circ\text{C} \equiv 273,15 \text{ K}$.

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**.

Notas de corrección:

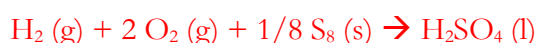
Los puntos de los cálculos se asignan a cada cálculo individual. Si el/la estudiante realiza un cálculo correcto con un número incorrecto obtenido de un paso anterior, el cálculo se considera correcto. De lo contrario se estaría penalizando dos veces por el mismo error. En ningún caso se penalizan errores de redondeo o de falta de unidades. En ningún caso el puntaje asignado a un ítem podrá ser inferior a 0 puntos.

Ejercicio 1 (40 Puntos)

Se encontraron en un manual distintos valores para la entalpía de formación estándar a 25°C ($\Delta H^\circ_f (25^\circ\text{C})$) del ácido sulfúrico:

$\text{H}_2\text{SO}_4 (\text{l})$ puro	$-814,0 \text{ kJ mol}^{-1}$
H_2SO_4 (ac, solución 1): 1 mol H_2SO_4 + 1 mol H_2O	$-841,8 \text{ kJ mol}^{-1}$
H_2SO_4 (ac, solución 2): 1 mol H_2SO_4 + 100 mol H_2O	$-887,7 \text{ kJ mol}^{-1}$
H_2SO_4 (ac, solución 3): 1 mol H_2SO_4 + 1000 mol H_2O	$-892,3 \text{ kJ mol}^{-1}$

a) Escribir la ecuación química que representa la reacción de formación del ácido sulfúrico líquido (puro). Tené en cuenta que el H_2 y el O_2 son gases a 25°C , mientras que el azufre es un sólido formado por moléculas de S_8 .



3 puntos por incluir todas las especies correctas. No se asignan puntos parciales (están todas las especies correctas, o no lo están).



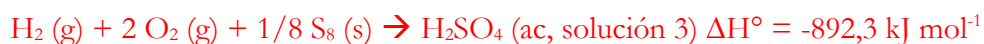
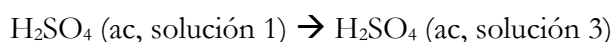
4 puntos por balanceo. No se asignan puntos parciales por índices correctos (la reacción está balanceada o no lo está). Si balancea correctamente en base a especies incorrectas, el balanceo se considera correcto.

Restar 1 punto por cada estado de agregación equivocado u omitido, hasta un máximo de 2 (no restar más de 2 puntos por estados de agregación).

Restar 3 puntos si balancea para una cantidad distinta de moles de H_2SO_4 .

7 puntos totales. En ningún caso el puntaje podrá ser inferior a 0 puntos.

b) Calcular la variación de entalpía involucrada en el proceso de diluir la solución 1 hasta la concentración de la solución 3, es decir el ΔH° para:



$$\Delta H^\circ = -892,3 \text{ kJ mol}^{-1} - (-841,8 \text{ kJ mol}^{-1}) = -50,5 \text{ kJ mol}^{-1}$$

4 puntos por comprender cuáles son los dos procesos involucrados (2 puntos cada uno; no es necesario que escriba explícitamente las ecuaciones).

2 puntos por asignarle a cada proceso el “sentido” correcto (1 punto cada uno).

1 punto por operar matemáticamente y llegar al resultado final.

7 puntos totales.

c) Calcular la concentración de H_2SO_4 en la solución 2, cuya densidad es $1,03 \text{ g cm}^{-3}$. Expresá tu resultado en:

i – % m / m.

$$1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4 \equiv 98,1 \text{ g (1 punto)}$$

$$1 \text{ mol H}_2\text{O} \equiv 18,0 \text{ g (1 punto)} \rightarrow 100 \text{ mol H}_2\text{O} \equiv 1800 \text{ g (1 punto)}$$

$$(98,1 \text{ g} / 1898,1 \text{ g}) \times 100 = 5,2 \% \text{ (3 puntos)}$$

Cualquier otro razonamiento válido se considera correcto.

6 puntos totales.

ii – Molaridad.

$$\delta = m / V = 1898,1 \text{ g} / V = 1,03 \text{ g cm}^{-3} \rightarrow V = 1842,8 \text{ cm}^3 \equiv 1,843 \text{ L (3 puntos)}$$

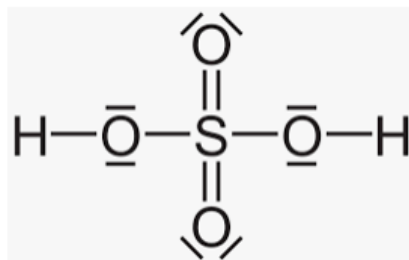
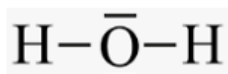


1 mol / 1,843 L = 0,543 M (3 puntos)

Cualquier otro razonamiento válido se considera correcto.

6 puntos totales.

d) En la siguiente figura se muestran las estructuras de Lewis del agua y del ácido sulfúrico:



i – Completar la siguiente tabla referida a las geometrías de estas moléculas:

	Geometría electrónica	Geometría molecular
H ₂ O	Tetraédrica	Angular
H ₂ SO ₄ (átomo de S)	Tetraédrica	Tetraédrica
H ₂ SO ₄ (átomo de O unido a H)	Tetraédrica	Angular

1 punto por cada respuesta correcta. **6 puntos totales.**

ii – Indicar en la siguiente tabla si en cada caso se trata de una molécula “polar” o “no polar”:

H ₂ O	Polar
H ₂ SO ₄	Polar

2 puntos por cada respuesta correcta. Si la respuesta es incorrecta pero consistente con el ítem anterior, se considera correcta (ejemplo: si dijo que el agua es lineal -no tendrá los puntos del ítem anterior- y aquí dice que el agua es no polar, se considera correcto). **4 puntos totales.**

iii – ¿Qué tipo de interacciones se establecen entre las moléculas de H₂SO₄ en el ácido sulfúrico puro? Marcá con una X la/s opción/es que consideres correcta/s.

Interacciones de dispersión	X
Dipolo permanente – Dipolo permanente	X
Dipolo permanente – Dipolo inducido	X

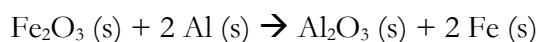


Puente hidrógeno	X
Interacciones ion - ion	
Interacciones ion - dipolo	

1 punto por cada respuesta correcta. Cada respuesta incorrecta resta 2 puntos. Si en el ítem anterior indicó que el ácido sulfúrico es no polar, las respuestas esperadas son la (a) y la (d). En ese caso son 2 puntos por cada respuesta correcta, y cada respuesta incorrecta resta 2 puntos. El puntaje no podrá ser inferior a 0 puntos. **4 puntos totales.**

Ejercicio 2 (40 Puntos)

Las soldaduras de las vías férreas se llevan a cabo utilizando una reacción de aluminotermia, en la cual mezclas de aluminio y óxido de hierro reaccionan de manera fuertemente exotérmica:



a) Calcular la variación de entalpía estándar asociada a esta reacción a 25 °C utilizando los datos proporcionados de entalpías estándar de formación a esa temperatura.

Datos: $\Delta H^\circ_f (\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{s}, 25^\circ\text{C}) = -824,2 \text{ kJ mol}^{-1}$; $\Delta H^\circ_f (\text{Al}_2\text{O}_3, \text{s}, 25^\circ\text{C}) = -1675,7 \text{ kJ mol}^{-1}$.

$$\Delta H^\circ_{\text{rxn}} (25^\circ\text{C}) = \Delta H^\circ_f (25^\circ\text{C}) (\text{Al}_2\text{O}_3) - \Delta H^\circ_f (25^\circ\text{C}) (\text{Fe}_2\text{O}_3) = -851,5 \text{ kJ mol}^{-1}$$

4 puntos por plantear el cálculo correcto incluyendo los signos (“todo o nada”).

2 puntos por hacer el cálculo y obtener el resultado final.

6 puntos totales.

b) Se mezclan en un recipiente 55 g de Fe_2O_3 y 14,7 g de Al y se lleva a cabo la reacción.

i – Calcular la cantidad de moles de todos los reactivos y productos presentes una vez concluida la reacción, considerando que el rendimiento es del 100 %.

$$\text{Fe}_2\text{O}_3: 2 \times 55,8 + 3 \times 16,0 = 159,6 \text{ g mol}^{-1} \rightarrow 55 \text{ g} \equiv 0,345 \text{ mol}$$

$$\text{Al}: 27,0 \text{ g mol}^{-1} \rightarrow 14,7 \text{ g} \equiv 0,544 \text{ mol}$$

$$0,544 \text{ mol} / 2 = 0,272 \text{ mol de } \text{Fe}_2\text{O}_3 \text{ son los que reaccionan}$$

$$\rightarrow \text{hay } (0,345 \text{ mol} - 0,272 \text{ mol}) = 0,073 \text{ mol de exceso de } \text{Fe}_2\text{O}_3$$

Completada la reacción, se tienen:

$$0,073 \text{ mol } \text{Fe}_2\text{O}_3$$

$$0 \text{ mol Al}$$

$$0,544 \text{ mol Fe}$$



0,272 mol Al_2O_3

2 puntos por obtener la cantidad de moles correcta de cada compuesto. Recordar no doble penalizar aquellos moles que dependen de moles mal calculados anteriormente.

8 puntos totales.

ii – Calcular la cantidad de calor absorbida por los compuestos involucrados en la reacción química considerando que el 60 % del calor liberado por la reacción se “pierde” al aire circundante. Nota: si no pudiste resolver el ítem (a), considerá $\Delta H^\circ_{\text{rxn}} (25^\circ\text{C}) = -851,5 \text{ kJ mol}^{-1}$; si no pudiste resolver el ítem (b-i), considerá que reaccionaron 0,544 mol de Al.

$$Q_{\text{rxn}} = 0,272 \text{ mol} \times (-851,5 \text{ kJ mol}^{-1}) = -231,608 \text{ kJ} \text{ (3 puntos)}$$

$$Q_{\text{mezcla}} = 0,4 \times (-231,608 \text{ kJ}) = -92,643 \text{ kJ} \text{ (1 punto)}$$

No se penaliza en este ítem si el resultado tiene signo (+)

4 puntos totales.

iii – Calcular la temperatura alcanzada por el aire circundante una vez concluida la reacción, considerando que esta se lleva a cabo en una habitación de $4 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 2 \text{ m}$, inicialmente a una presión de 1 atm y 25°C de temperatura. La capacidad calorífica del aire es $C_p (\text{aire}) = 29,19 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$. Nota: si no pudiste resolver el ítem (b-ii), considerá que el calor absorbido por la mezcla de reacción es 92,643 kJ.

$$V_{\text{habitación}} = 4 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 1000 \text{ dm}^3 / \text{m}^3 = 32000 \text{ L} \text{ (1 punto)}$$

$$n_{\text{aire}} = (p \times V) / (R \times T) = (1 \text{ atm} \times 32000 \text{ L}) / (0,082 \text{ L atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \times 298,15 \text{ K}) = 1308,9 \text{ mol} \text{ (2 puntos)}$$

$$Q_{\text{aire}} = 231608 \text{ J} \times 0,6 = 138964,8 \text{ J} \text{ (1 punto)}$$

$$Q_{\text{aire}} = n (\text{aire}) \times C_p (\text{aire}) \times \Delta T \text{ (3 puntos; “todo o nada”)}$$

$$Q_{\text{aire}} = 1308,9 \text{ mol} \times 29,19 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \times \Delta T \text{ (1 punto)}$$

$$\rightarrow \Delta T = 3,64^\circ\text{C} \rightarrow T_f = 28,64^\circ\text{C} \text{ (1 punto)}$$

9 puntos totales.

iv – Sabiendo que la temperatura final de la mezcla de compuestos de la reacción es $1733,8^\circ\text{C}$, indicar en qué procesos se emplea el calor liberado por la reacción química (además del calentamiento de los gases del aire). Para este análisis, considerá que podemos separar al proceso global en dos procesos imaginarios: en primer lugar, la reacción ocurre a 25°C liberándose el total del calor de la reacción; en segundo lugar, ese calor se emplea para llevar a todos los compuestos presentes en la mezcla desde 25°C hasta la temperatura final.

Datos: Las temperaturas de fusión normal de los compuestos son: Al (s), 660°C ; Fe (s), 1538°C , Al_2O_3 (s), 2053°C ; Fe_2O_3 (s), 1565°C .



Marcá con una X la/s opción/es que consideres correcta/s.

Compuesto	Calentamiento	Fusión
Al (s)		
Al (l)		
Fe (s)	X	X
Fe (l)	X	

Compuesto	Calentamiento	Fusión
Al ₂ O ₃ (s)	X	
Al ₂ O ₃ (l)		
Fe ₂ O ₃ (s)	X	X
Fe ₂ O ₃ (l)	X	

1 punto por cada respuesta correcta. Cada respuesta incorrecta resta 1 punto. Tener en cuenta la respuesta al ítem (b-i) para no incurrir en doble penalización (por ejemplo, si respondió que hay aluminio en exceso y responde de manera consistente con ese resultado, se considera correcto). Distribuir en ese caso el total del puntaje del ítem entre todas las respuestas correctas esperadas. El puntaje no podrá ser inferior a 0 puntos. **7 puntos totales.**

v – Calcular la cantidad de calor absorbida por el hierro desde la temperatura inicial de 25 °C hasta llegar a hierro líquido a 1733,8 °C. Nota: Si no pudiste resolver el ítem, (b-i), considerá que se formaron 0,317 mol de Fe.

Datos:

Capacidad calorífica del hierro sólido: C_p (Fe, sólido) = 24,1 J K⁻¹ mol⁻¹

Entalpía estándar de fusión del hierro: $\Delta H^\circ_{\text{fus}}$ (Fe, 1538 °C) = 13,8 kJ mol⁻¹

Capacidad calorífica del hierro líquido: C_p (Fe, líquido) = 50,2 J K⁻¹ mol⁻¹

En este proceso el hierro sólido se calienta de 25 °C hasta su temperatura de fusión (1538 °C), luego funde, y luego el hierro líquido se calienta desde 1538 °C hasta la temperatura final (1733,8 °C).

$$Q(\text{Fe}) = 0,544 \text{ mol} \times [(24,1 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} / 1000) \times (1538 \text{ °C} - 25 \text{ °C}) + 13,8 \text{ kJ mol}^{-1} + (50,2 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} / 1000) \times (1733,8 \text{ °C} - 1538 \text{ °C})]$$

$$Q(\text{Fe}) = 19,836 \text{ kJ} + 7,507 \text{ kJ} + 5,347 \text{ kJ}$$

$$Q(\text{Fe}) = 32,690 \text{ kJ}$$

1 punto por identificar cada uno de los 3 procesos que ocurren.

1 punto por calcular correctamente el calor asociado a cada uno de ellos.

Tener en cuenta la respuesta al ítem (b-i) para no incurrir en doble penalización

6 puntos totales.



Ejercicio 3 (20 Puntos)

a) Para los siguientes compuestos que han aparecido a lo largo del examen, indicar de qué tipo de sólido se trata (marcá con una X las opciones que consideres correctas):

Compuesto	Sólido iónico	Sólido covalente	Sólido molecular
H ₂ O (s)			X
S ₈ (s)			X
Fe ₂ O ₃ (s)	X		

3 puntos por cada respuesta correcta. Si para algún compuesto marca más de una opción, no obtiene puntos para ese compuesto. **9 puntos totales.**

b) A temperatura ambiente el H₂O es un líquido, mientras que el compuesto análogo de azufre, el H₂S, es un gas. Esto se debe a que (marcá con una X la/s opción/es que consideres correcta/s):

El agua presenta interacciones de dispersión más intensas que el sulfuro de hidrógeno.	
El agua presenta interacciones iónicas mientras que el sulfuro de hidrógeno no.	
El agua presenta interacciones dipolo – dipolo mientras que el sulfuro de hidrógeno no.	
El agua presenta interacciones dipolo – dipolo más intensas que el sulfuro de hidrógeno.	X
El agua presenta interacciones puente hidrógeno mientras que el sulfuro de hidrógeno no.	X

4 puntos por cada respuesta correcta. Cada respuesta incorrecta resta 3 puntos. El puntaje no podrá ser inferior a 0 puntos. **8 puntos totales.**

c) A una determinada temperatura, la presión de vapor del SiH₄ (l) es mucho menor que la del CH₄ (l) debido a que (marcá con una X la/s opción/es que consideres correcta/s):

La diferencia de electronegatividad entre Si y H es mayor que entre C y H.	
El SiH ₄ es una molécula más pesada que el CH ₄ .	
El SiH ₄ presenta interacciones de dispersión más intensas que el CH ₄ .	X
El SiH ₄ es polar mientras que el CH ₄ no.	

3 puntos por cada respuesta correcta. Cada respuesta incorrecta resta 2 puntos. El puntaje no podrá ser inferior a 0 puntos. **3 puntos totales.**

Bonus track: Video de aluminotermia realizada en nuestra facultad, para ver en casa.

<https://www.youtube.com/shorts/oL4dlv0GsLM>