



Nota: En la última hoja del examen encontrarás un conjunto de ecuaciones y datos que pueden resultarte útiles. Utiliza la información de la tabla periódica suministrada para obtener los datos atómicos que consideres necesarios.

EJERCICIO 1 (29 puntos).

La frase “Houston, tenemos un problema” pronunciada por el piloto del Módulo de Mando de la nave Apolo 13, Jack Swigert, el lunes 13 de abril de 1970, anunció el primero de una serie de problemas graves que afrontarían durante esa misión en el espacio.

El comandante Lowell continuó informando: “Nuestro depósito O₂ está en cero ¿Han comprendido?”. Este depósito contenía **oxígeno líquido**, entre otras cosas para mantener la presión de O₂ (g) adecuada en el Módulo de Mando.

Los tripulantes del Apolo 13 se vieron obligados a abandonar el Módulo de Mando *Odisea* para refugiarse en el Módulo Lunar *Acuario*. Aun así, grandes dudas atormentaban a los técnicos de la NASA. El *Acuario* había sido diseñado para soportar vitalmente a dos tripulantes durante un máximo de 70 horas, ¿podrían ampliarse sus capacidades para resguardar una tripulación de tres astronautas durante 80 horas?

- (a) Teniendo en cuenta que el consumo promedio de O₂ (g) para una persona es de 280 mL de **oxígeno gaseoso** puro por hora (medido a 20°C y 1 atm), calcula la cantidad de oxígeno (expresada en g) que sería necesaria para sostener la respiración de los tres astronautas durante 80 horas.

$$\text{Consumo } O_2 = 280 \text{ mL } h^{-1} p^{-1} \cdot 80 \text{ h} \cdot 3 \text{ p} = 67.200 \text{ mL } O_2$$

$$n_{O_2}: \frac{67,2 \text{ L} \cdot 1 \text{ atm}}{0,082 \text{ L atm } K^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot 293 \text{ K}} = 2,797 \text{ moles } O_2$$

$$m_{O_2}: \frac{32,00 \text{ g}}{\text{mol}} = 89,5 \text{ g } O_2$$

(5 marcas totales)

Cantidad de O₂ necesaria: 89,5 g

- (b) Calcula el volumen ocupado por el **oxígeno líquido** necesario (según lo calculado en el ítem a) sabiendo que su densidad es de 1,141 g.mL⁻¹. Nota: si no pudiste calcular la cantidad total de oxígeno necesaria, supón que se necesitan en total 122 g de oxígeno.

$$\text{volumen } O_2: \frac{89,5 \text{ g}}{1,141 \text{ g mL}^{-1}} = 78,4 \text{ mL}$$

(2,5 marcas totales)

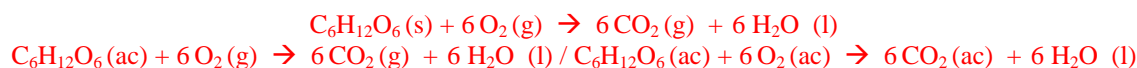
Volumen de oxígeno líquido necesario: 78,4 mL



25^o Olimpíada Argentina de Química
CERTAMEN NACIONAL
NIVEL 1
Examen Resuelto

Si bien la cantidad de oxígeno disponible resultaba suficiente para mantener con vida a los tres astronautas, la cantidad de dióxido de carbono generada por la respiración de los astronautas podría ser una amenaza.

- (c) Escribe la ecuación química que representa al metabolismo de la glucosa durante la respiración. Ten en cuenta que en el mismo, a partir de glucosa ($C_6H_{12}O_6$) y oxígeno se genera dióxido de carbono y agua. (2 marcas totales)



Nota: Se acepta cualquiera de estas opciones. Se descuenta 1 marca en caso de no aclarar los estados de agregación.

- (d) Calcula la presión parcial de CO_2 en el Módulo Lunar *Acuario* al cabo de las 80 horas de viaje en el espacio si el CO_2 generado por los astronautas no fuera eliminado de la nave. Considera que la cantidad total de CO_2 generado es 0,138 kg y que inicialmente dicho Módulo se encontraba libre de CO_2 .

Datos: el volumen total habitable del Módulo Lunar es $4,53 m^3$ y se encuentra a una temperatura de $5^\circ C$.

$$n_{CO_2}: \frac{138 g}{44,01 g mol^{-1}} = 3,136 moles CO_2$$

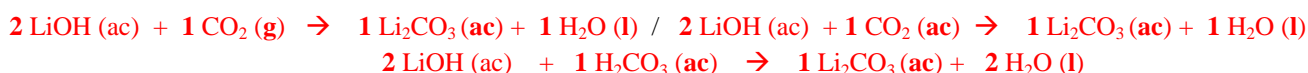
$$Presión CO_2: \frac{3,136 moles CO_2 \cdot 0,082 L atm K^{-1} mol^{-1} \cdot 278 K}{4,53 m^3 \cdot 1000 \frac{L}{m^3}} = 0,0158 atm$$

(6 marcas totales)

Presión parcial de CO_2 : 0,0158 atm

La tripulación del Apolo 13 logró sobrevivir gracias a filtros de aire que contienen hidróxido de litio en solución acuosa. Al circular el aire a través del filtro, el CO_2 se fija en la forma de carbonato de litio, el cual permanece disuelto en la solución:

- (e) Balancea la ecuación que representa el proceso químico que ocurre dentro del filtro de aire:



Se acepta cualquiera de estas variantes (2 marcas totales)

Los niveles de CO_2 en el aire se suelen expresar en ppm ("partes por millón"), que reflejan la relación en masa entre el gas de interés y el aire, en este caso. De esta forma 1 ppm de CO_2 corresponde a 1 g de CO_2 en 1.000.000 g de aire.

A partir de 1000 ppm de CO_2 en el aire, este gas comienza a resultar nocivo. El nivel de CO_2 hubiera ascendido a 23.700 ppm si no hubieran podido accionar los filtros de aire.

NO DESABROCHES EL CUADERNILLO. NO RESUELVAS CON LÁPIZ.



25^o Olimpíada Argentina de Química
CERTAMEN NACIONAL
NIVEL 1
Examen Resuelto

- (f) Calcula la mínima masa de LiOH (con una pureza del 98,5%) que deben contener los filtros para mantener los niveles de CO₂ por debajo del límite de 1000 ppm.

Datos: Considera que el volumen habitable del módulo lunar es 4,53m³, que la temperatura en el mismo es 5 °C y que los únicos gases presentes además del CO₂ son N₂ (0,800 atm) y O₂ (0,200 atm).

$$\begin{aligned}n_{\text{aire libre de CO}_2} &: \frac{4530 \text{ L} \cdot 1 \text{ atm}}{0,082 \text{ L atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot 287 \text{ K}} = 198,7 \text{ moles} \\m_{\text{aire libre de CO}_2} &: 198,7 \text{ moles} \left(0,200 \cdot 32,00 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 0,800 \cdot 28,01 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \right) = 5724 \text{ g} \\m_{\text{CO}_2} &= 5724 \text{ g} \cdot \frac{23,700}{1.000.000} : \left(1 - \frac{23,700}{1.000.000} \right) \\m_{\text{CO}_2 \text{ total}} &= 138,95 \text{ g} \\n_{\text{CO}_2 \text{ a eliminar}} &: \frac{138,95 \text{ g} \cdot 0,22700}{44,01 \text{ g mol}^{-1} \cdot 23700} = 3,024 \text{ moles} \\m_{\text{LiOH}} &: 3,024 \text{ mol CO}_2 \cdot \frac{2 \text{ mol LiOH}}{\text{mol CO}_2} \cdot \frac{23,95 \text{ g}}{\text{mol}} \cdot \frac{100 \%}{98,5 \%} = 147,1 \text{ g}\end{aligned}$$

(13 marcas totales)

masa de LiOH necesaria: 147,1 g

- (g) ¿Por qué motivo crees que se utiliza LiOH en estos filtros diseñados para naves espaciales? Marca con una X todas las opciones que consideres correctas:

- Otros hidróxidos, tales como el NaOH o el KOH no reaccionan con el CO₂ presente en el aire.
- Se requiere un mayor número de moles de NaOH o de KOH para fijar una cantidad equivalente de CO₂.
- Se requiere una mayor masa de otros hidróxidos para fijar una cantidad equivalente de CO₂.
- Ninguna de las opciones anteriores es correcta.

(4 marcas totales)

NO DESABROCHES EL CUADERNILLO. NO RESUELVAS CON LÁPIZ.



25^o Olimpíada Argentina de Química
CERTAMEN NACIONAL
NIVEL 1
Examen Resuelto

EJERCICIO 2 (29 puntos).

El año pasado, mientras muchas familias aún festejaban la Navidad, una fábrica de zapatos ubicada en el partido de Vicente López, provincia de Buenos Aires, comenzó a prenderse fuego. Los bomberos indicaron que el accidente habría sido iniciado por un globo de papel lanzado durante los festejos navideños y agregaron que las llamas se extendieron con rapidez por los productos de alta combustibilidad que había allí almacenados.

- (a) En la siguiente tabla se informa la cantidad de cada materia prima almacenada en el depósito de la fábrica junto con su entalpía de combustión (ΔH_c). Calcula la energía total liberada a partir de la combustión de dichas materias primas.

Materia prima	Cantidad	ΔH_c (kJ g ⁻¹)
Acetaldehído	5,5 kg	25,1
Cartón	150 kg	16,8
Caucho	215 kg	41,9
Cuero	750 kg	18,6
Glicerina	30 kg	18,0
Polietileno	25 kg	46,5

$$\text{Cantidad de Energía liberada} = 5.500 \text{ g} \cdot 25,1 \frac{\text{kJ}}{\text{g}} + 150.000 \text{ g} \cdot 16,8 \frac{\text{kJ}}{\text{g}} + 215.000 \text{ g} \cdot 41,9 \frac{\text{kJ}}{\text{g}} + 750.000 \text{ g} \cdot 18,6 \frac{\text{kJ}}{\text{g}} + 30.000 \text{ g} \cdot 18,0 \frac{\text{kJ}}{\text{g}} + 25.000 \text{ g} \cdot 46,5 \frac{\text{kJ}}{\text{g}}$$

(4 marcas totales)

$$\text{Cantidad de energía liberada: } \underline{2,73 \cdot 10^7} \text{ kJ}$$

- (b) Completa las ecuaciones químicas que representan a las reacciones de combustión completa (que dan como productos exclusivamente dióxido de carbono y agua) de los siguientes compuestos: (4,5 marcas totales)

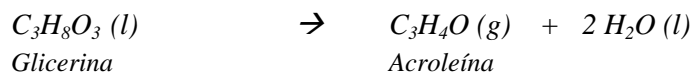


NO DESABROCHES EL CUADERNILLO. NO RESUELVAS CON LÁPIZ.



25° Olimpiada Argentina de Química
CERTAMEN NACIONAL
NIVEL 1
Examen Resuelto

Un problema adicional que se presenta en este tipo de incidentes es la generación de productos tóxicos por combustión incompleta de algunos de los combustibles o por reacciones de descomposición o deshidratación que se producen con las altas temperaturas. Por ejemplo, la deshidratación de la glicerina produce acroleína, un compuesto altamente tóxico por inhalación:



Cuando la cantidad de oxígeno presente es suficiente y la temperatura es elevada, la acroleína puede, a su vez, sufrir una combustión completa, generando dióxido de carbono y agua.

- (c) Sabiendo que en esta reacción de deshidratación de la glicerina se liberan 15,1 kJ por mol de glicerina, calcula la entalpía de combustión de la acroleína.

$$\Delta H_c \text{ Acroleína} = \Delta H_c \text{ Glicerina} - \Delta H_r \text{ deshidratación}$$

$$\Delta H_c \text{ Acroleína} = -18,0 \frac{\text{kJ}}{\text{g}} \cdot 92,09 \frac{\text{g}}{\text{mol}} - \left(-15,1 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \right)$$

$$\Delta H_c \text{ Acroleína} = -1643 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

(8 marcas totales)

$$\Delta H_c(\text{acroleína}): -1643 \text{ kJ mol}^{-1}$$

La acroleína es un líquido incoloro o levemente amarillento de olor desagradable, que tiene una temperatura de ebullición normal de 53°C. La Administración de Seguridad y Salud Ocupacional de los Estados Unidos ha establecido un límite de 0,1 parte (en masa) de acroleína en 1 millón de partes de aire (0,1 ppm) como la concentración de acroleína aceptada para una exposición continua.



25^o Olimpíada Argentina de Química
CERTAMEN NACIONAL
NIVEL 1
Examen Resuelto

- (d) Si el galpón que funciona como depósito de la fábrica tiene un volumen de 3200 m³, calcula la cantidad de acroleína en el aire (expresada en ppm) considerando que la acroleína se generó a partir del 5,5 % en masa de la glicerina presente en el depósito (30 kg) y que la temperatura dentro del galpón es 55 °C. Puedes suponer que, además de acroleína, sólo hay presentes los siguientes gases: CO₂ (0,05 atm), O₂ (0,15 atm) y N₂ (0,80 atm).

$$m_{C_3H_4O} = 30.000 \text{ g} \cdot \frac{5,5\%}{100\%} \frac{56,06 \text{ g}}{92,09 \text{ g}} = 1004,4 \text{ g}$$

$$ppm_{C_3H_4O} = \frac{1004,4 \text{ g} \cdot 0,082 \text{ L atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot (55 + 273) \text{ K} \cdot 1.000.000 \text{ ppm}}{\left(0,05 \text{ atm} \cdot 44,01 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 0,15 \text{ atm} \cdot 32,00 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 0,80 \text{ atm} \cdot 28,01 \frac{\text{g}}{\text{mol}}\right) \cdot 3,2 \cdot 10^6 \text{ L}}$$

Nota: se considerará correcta la solución del problema sin considerar la masa de la acroleína en la masa total del sistema (ya que resulta no significativa). Si el estudiante la tiene en cuenta, se considerarán igualmente todas las marcas.

(11 marcas totales)

Concentración de Acroleína: 287 ppm

La combustión incompleta de polietileno puede dar como subproductos monóxido de carbono y otros hidrocarburos.

- (e) Balancea la siguiente ecuación:



Durante un incendio no sólo se consume el combustible presente, sino también el oxígeno del aire. Este último actúa como comburente y es igualmente necesario para que se mantenga la combustión.

- (f) ¿En qué zona será mayor la concentración de especies tóxicas (formadas por combustión incompleta), en el foco del incendio o en la periferia? Marca con una X todas las opciones que consideres correctas: **(3 marcas totales)**

- La concentración de especies tóxicas será mayor en la periferia dado que se alcanzan temperaturas mayores.
- La concentración de especies tóxicas será mayor en la periferia dado que la concentración de O₂ será mayor.
- La concentración de especies tóxicas será menor en la periferia dado que se alcanzan temperaturas mayores.
- La concentración de especies tóxicas será menor en la periferia dado que la concentración de O₂ será mayor.
- Ninguna de las opciones anteriores es correcta.

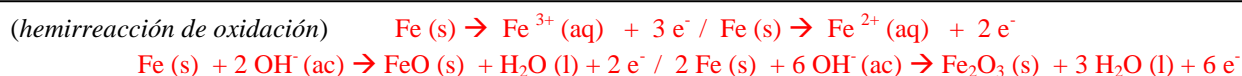
NO DESABROCHES EL CUADERNILLO. NO RESUELVAS CON LÁPIZ.



EJERCICIO 3 (30 puntos)

En una pieza de metal que sufre corrosión se producen procesos de reducción y de oxidación en distintas partes del material, es decir que coexisten áreas anódicas y catódicas. En las áreas anódicas ocurre el proceso de oxidación (pérdida de electrones) y en las áreas catódicas el proceso de reducción (ganancia de electrones).

- (a) Escribe las hemirreacciones de reducción y de oxidación que ocurren cuando un clavo de hierro se oxida por contacto con el aire y la humedad ambiente. **(3,5 marcas totales)**



- (b) ¿Puede extraerse energía eléctrica a partir del sistema descrito en el ítem a? Marca con una X todas las opciones que consideres correctas: **(1,5 marcas totales)**

- Sí, puede extraerse energía ya que se trata de una oxidación.
- Sí, puede obtenerse energía ya que se trata de una reducción.
- No puede obtenerse energía ya que se trata de una reacción de óxido-reducción.
- La energía liberada no puede ser aprovechada ya que el ánodo y el cátodo no están separados físicamente.
- Ninguna de las opciones anteriores es correcta.

Paradójicamente, una forma de proteger a los metales de la oxidación y otras reacciones indeseables que se producen al estar expuestos a la intemperie, es generando en forma controlada una fina capa de óxido sobre la pieza metálica. Así se fabrica, por ejemplo, el “aluminio anodizado” que consiste justamente en utilizar como “ánodo” de una celda electrolítica la pieza de aluminio que se quiere proteger.

- (c) Se dispone de una celda electrolítica en la cual la hemicelda catódica tiene un electrodo de platino sumergido en una solución acuosa de ácido sulfúrico y en la hemicelda anódica se sumerge una placa de aluminio. Completa las ecuaciones químicas para las hemirreacciones anódica y catódica y para la reacción global, teniendo en cuenta que sobre la superficie del aluminio se forma óxido de aluminio, Al_2O_3 , y que sobre el electrodo de platino se desprende hidrógeno gaseoso.





25^o Olimpíada Argentina de Química
CERTAMEN NACIONAL
NIVEL 1
Examen Resuelto

- (d) Si la placa de aluminio tiene una superficie de 55 cm^2 y se hace circular una corriente de $2,50 \text{ A}$ durante 90 segundos, ¿Qué espesor tendrá la capa de óxido de aluminio formada sobre la superficie?

Dato: densidad del $\text{Al}_2\text{O}_3 = 3,69 \text{ g cm}^{-3}$

$$\text{Vol}_{\text{Al}_2\text{O}_3} = \frac{2,50 \text{ A} \cdot 90 \text{ s}}{96.486 \frac{\text{C}}{\text{mol e}}} \cdot \frac{101,96 \text{ g}}{6 \text{ moles e}} \cdot \frac{1 \text{ cm}^3}{3,69 \text{ g}} = 0,0107 \text{ cm}^3$$

$$\text{Espesor}_{\text{Al}_2\text{O}_3} = \frac{0,0107 \text{ cm}^3}{55 \text{ cm}^2} \cdot \frac{10 \text{ mm}}{\text{cm}} = 1,95 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$$

(9 marcas totales)

Espesor de la capa de Al_2O_3 : $1,95 \cdot 10^{-3}$ mm

- (e) Para emplear como electrolito en la celda de anodizado, se necesita preparar 500 mL de solución de ácido nítrico $3,0 \text{ M}$. ¿Qué volumen de solución de ácido nítrico concentrado ($70,0 \%$ en peso, $\delta = 1,51 \text{ g mL}^{-1}$) será necesario?

$$\text{Vol}_{\text{HNO}_3} = \frac{3 \text{ moles}}{1000 \text{ mL}} \cdot \frac{500 \text{ mL}}{1} \cdot \frac{63,01 \text{ g}}{\text{mol}} \cdot \frac{100 \text{ g sc}}{70,0 \text{ g}} \cdot \frac{1 \text{ mL sc}}{1,51 \text{ g sc}}$$

(6 marcas totales)

Volumen de HNO_3 concentrado: 89,4 mL



25^o Olimpíada Argentina de Química
CERTAMEN NACIONAL
NIVEL 1
Examen Resuelto

- (f) Calcula la concentración exacta de la solución de ácido nítrico preparada en el ítem (e), si para neutralizar completamente 2,00 mL de esta solución se gastan 24,60 mL de KOH 0,25 M

$$\text{Conc HNO}_3 = \frac{24,60 \text{ mL} \cdot 0,25 \text{ M}}{2 \text{ mL}}$$

(3 marcas totales)

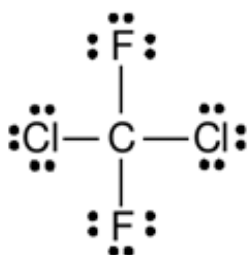
Concentración de la solución de HNO₃: 3,08 M

EJERCICIO 4 (12 puntos)

En la década de 1930 se desarrollaron diversos compuestos de carbono, flúor y cloro, conocidos como clorofluorocarbonados (CFC). Dos ejemplos de este tipo de compuestos son el Freón-12 (CCl₂F₂) y el Freón-114 (C₂Cl₂F₄).

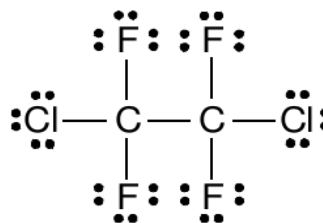
- (a) Escribe una estructura de Lewis aceptable para cada una de estas moléculas, teniendo en cuenta que en el Freón-12 el carbono es el átomo central y en el Freón-114 los dos carbonos se encuentran unidos por una unión simple C-C

CCl₂F₂



(4 marcas totales)

C₂Cl₂F₄



Otros posibles isómeros serán igualmente considerados

(5 marcas totales)



25^o Olimpíada Argentina de Química
CERTAMEN NACIONAL
NIVEL 1
Examen Resuelto

(b) De las siguientes proposiciones referidas a la molécula de Freón-12 (CCl_2F_2), marca con “X” todas las opciones que consideres correctas: **(2,5 marcas totales)**

- La TREPEV predice una geometría molecular tetraédrica en torno al átomo central de C en la molécula de CCl_2F_2 .
- La TREPEV predice una geometría molecular plana trigonal en torno al átomo central de C en la molécula de CCl_2F_2 .
- A partir de la estructura de Lewis del CCl_2F_2 puede decirse que el flúor no cumple la “regla del octeto”.
- A partir de la estructura de Lewis del CCl_2F_2 puede decirse que el cloro no cumple la “regla del octeto”.
- Ninguna de las proposiciones anteriores es correcta.

(c) De las siguientes proposiciones referidas a la molécula de Freón-114 ($\text{C}_2\text{Cl}_2\text{F}_4$), marca con “X” todas las opciones que consideres correctas: **(2,5 marcas totales)**

- La TREPEV predice una geometría molecular tetraédrica en torno a cada uno de los átomos de C en la molécula de $\text{C}_2\text{Cl}_2\text{F}_4$.
- La TREPEV predice una geometría molecular plana trigonal en torno a uno de los átomos de C en la molécula de $\text{C}_2\text{Cl}_2\text{F}_4$.
- A partir de la estructura de Lewis del $\text{C}_2\text{Cl}_2\text{F}_4$ puede decirse que el flúor no cumple la “regla del octeto”.
- A partir de la estructura de Lewis del $\text{C}_2\text{Cl}_2\text{F}_4$ puede decirse que el cloro no cumple la “regla del octeto”.
- Ninguna de las proposiciones anteriores es correcta.

DATOS

$$R = 0,082 \text{ L atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

$$\text{Constante de Faraday: } 96.486 \text{ C mol}^{-1}$$

$$Q = i \cdot t$$

$$\text{Volumen} = \text{Área} \times \text{espesor}$$

$$1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3$$