



### DATOS Y ECUACIONES

Utiliza la información de tu tabla periódica para obtener los datos atómicos que consideres necesarios. A menos que se indique lo contrario, puedes suponer que las sustancias en estado gaseoso se comportan idealmente.

$$R = 0,082 \text{ L atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = 8,314 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$$

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 1013,25 \text{ hPa} = 760 \text{ torr}$$

$$F = 96.485 \text{ C mol}^{-1}$$

$$q = i \cdot t$$

$$1 \text{ C} = 1 \text{ A.s}$$

$$1 \text{ J} = 1 \text{ V} \cdot \text{C}$$

$$\Delta H = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$0^\circ\text{C} = 273,15 \text{ K}$$

### EJERCICIO 1.

*“El uso de los aceites vegetales como combustible y fuente energética podrá ser insignificante hoy, pero con el curso del tiempo será tan importante como el petróleo y el carbón” Rudolph Diesel, 1898.*



El biodiesel es un combustible líquido que se puede obtener a partir de recursos naturales renovables, teniendo elevado potencial para ser utilizado como reemplazo del petrodiesel (combustible obtenido del petróleo).

Sin embargo, una de las desventajas del biodiesel es que su producción puede favorecer la deforestación. En Argentina, la principal fuente de biodiesel es el aceite de soja, cuyo rendimiento es de 922 L de aceite por hectárea plantada por año. En 2016, en nuestro país se produjeron 2700 millones de litros de biodiesel, lo que nos coloca como el 5<sup>to</sup> productor mundial de biodiesel.

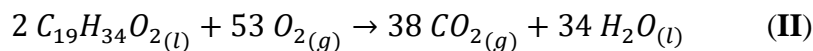
- a) Sabiendo que se requieren 5,5 litros de aceite de soja para obtener 1 litro de biodiesel, calcula la cantidad de hectáreas plantadas con soja para la producción nacional de biodiesel de 2016.

Nº de hectáreas: \_\_\_\_\_ Ha



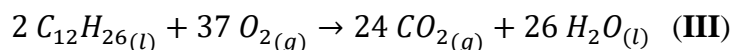


- c) Cuando se realiza la combustión completa de 1,00 g de linoleato de metilo en presencia de cantidad suficiente de oxígeno a 298,15 K y 1 atmósfera de presión, se liberan 29,80 kJ (Ecuación **II**). Calcula la entalpía de combustión molar del linoleato de metilo a 25 °C.



$$\Delta H^\circ_{\text{comb}} = \text{_____} \text{ kJ.mol}^{-1}$$

Un combustible comercial llamado “B7” contiene un 7% m/m de biodiesel (compuesto exclusivamente por linoleato de metilo) y el 93% restante está compuesto por petrodiesel. La combustión del petrodiesel puede representarse mediante la siguiente ecuación (**III**):



- d) Calcula el volumen de aire (en L) (20% v/v de O<sub>2</sub> a 25 °C y 1 atm de presión) que será necesario para quemar completamente el contenido de un tanque del automóvil lleno con 50 L de combustible B7.

*Nota: La densidad del combustible B7 es 0,85 g/mL.*



27<sup>a</sup> Olimpíada Argentina de Química  
CERTAMEN NACIONAL  
NIVEL 1  
EXAMEN

RESERVADO PARA LA OAQ

$V_{\text{aire}} = \text{_____ L}$



### EJERCICIO 2.

Una de las ventajas del uso de biodiesel en comparación con el de petrodiesel es que, al no contener azufre, reduce la emisión de óxidos contaminantes como el dióxido de azufre. El  $\text{SO}_2$  es un gas incoloro, no inflamable y de olor sofocante que se produce por la combustión del azufre presente en los combustibles fósiles derivados del petróleo.

- a) Escribe la ecuación de combustión del azufre con oxígeno para dar dióxido de azufre.

- b) Calcula el volumen de  $\text{SO}_2$  (g) (en L) producido por la combustión de 50 L de petrodiesel con un contenido de 30 ppm de azufre. Ten en cuenta que la combustión se produce en la localidad de Villa Giardino, ubicada a 1078 msnm (metros sobre el nivel del mar), donde la presión es de 898 hPa y la temperatura en noviembre es de 27 °C.

*Nota:*

- 1) "ppm" significa "partes por millón", es decir, 1 ppm = 1 g de la sustancia en cuestión en 1.000.000 g totales.
- 2)  $\delta_{\text{petrodiesel}} = 0,84 \text{ g/mL}$
- 3) 1 atm = 1013,25 hPa

$V(\text{SO}_2) = \underline{\hspace{2cm}} \text{ L}$



La inhalación de  $\text{SO}_2$  está asociada con dificultades respiratorias, enfermedades pulmonares y muerte prematura. La Administración de Seguridad y Salud Ocupacional estableció que la concentración máxima tolerable de  $\text{SO}_2$  en aire es de 5 ppm.

c) Calcula el máximo volumen de aire (en L) que puede contaminarse (es decir, alcanzar la concentración máxima tolerable de 5 ppm de  $\text{SO}_2$ ) con la emanación de  $\text{SO}_2$  (g) calculada en el ítem b). Puedes suponer que el aire se compone de un 79 % de  $\text{N}_2$ , un 20 % de  $\text{O}_2$  y un 1% de Ar (porcentajes expresados en volumen).

*Notas:*

- 1) *Considera las mismas condiciones de presión y temperatura que en el ítem b).*
- 2) *Si no pudiste resolver el ítem b, considera que el volumen de  $\text{SO}_2$  generado es 3 L.*

V(aire) = \_\_\_\_\_ L



d) La legislación actual que regula el contenido de contaminantes en combustibles establece que el contenido máximo permitido de azufre (S) en petrodiesel es de 80 ppm.

Una camioneta que circula por las rutas cordobesas a 100 km/h produce 37 mL de SO<sub>2</sub> (g) por minuto. Sabiendo que su tanque de combustible estaba lleno con petrodiesel y que tiene un consumo de petrodiesel de 0,11 L/km, calcula el contenido de azufre en el petrodiesel utilizado y determina si este combustible supera los límites máximos establecidos (completa “Sí” o “No”).

Notas:

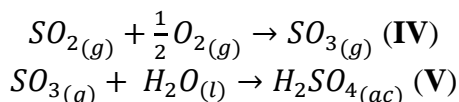
- 1) Considera las mismas condiciones de presión y temperatura que en el ítem b).
- 2)  $\delta_{\text{petrodiesel}} = 0,84 \text{ g/mL}$

Contenido de Azufre = \_\_\_\_\_ ppm ; ¿Supera los límites máximos establecidos? \_\_\_\_\_



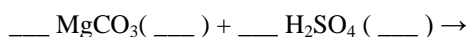
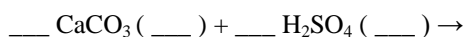
### EJERCICIO 3.

El dióxido de azufre y, en menor medida, los óxidos de nitrógeno (NO y NO<sub>2</sub>) de las emisiones de los vehículos son responsables de la lluvia ácida, que genera pérdidas económicas de cientos de millones de dólares por daños a las construcciones y monumentos en todo el mundo. El SO<sub>2</sub> puede oxidarse con el oxígeno atmosférico para dar trióxido de azufre (SO<sub>3</sub>) que luego reacciona rápidamente con el agua para formar ácido sulfúrico (Ecuaciones **IV** y **V**).



Con el tiempo, la lluvia ácida puede corroer las construcciones de piedra caliza o mármol. El mármol está formado por carbonato de calcio, CaCO<sub>3</sub>, con pequeñas cantidades de carbonato de magnesio, MgCO<sub>3</sub>.

a) Escribe las ecuaciones químicas que representan a las reacciones que ocurren por acción del H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> contenido en la lluvia ácida con ambos componentes del mármol. Ten en cuenta que dichas reacciones proceden con liberación de CO<sub>2</sub> y no son reacciones redox.



b) Indique qué tipo de óxidos (ácidos o básicos) son el SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, CaO, CO<sub>2</sub> y MgO. Completa la siguiente tabla.

Compuesto	Tipo de óxido
SO <sub>2</sub>	
SO <sub>3</sub>	
CaO	
CO <sub>2</sub>	
MgO	

c) Escribe una estructura de Lewis aceptable para cada una de estas especies: CO<sub>2</sub>, NO y NO<sub>2</sub>





CO <sub>2</sub>	NO	NO <sub>2</sub>

d) Indica si las siguientes afirmaciones son Verdaderas (V) o Falsas (F).

La TREPEV predice una geometría molecular lineal para el NO <sub>2</sub>	
La TREPEV predice una geometría electrónica que no coincide con la geometría molecular para el CO <sub>2</sub>	
En la molécula de NO, el Nitrógeno no cumple la regla del octeto	
El NO <sub>2</sub> es un radical libre (presenta un electrón desapareado)	
La TREPEV predice una geometría electrónica angular para el NO <sub>2</sub>	
El N no cumple la regla del octeto en la molécula de NO <sub>2</sub>	
La TREPEV predice una geometría molecular plana trigonal entorno al átomo de N para el NO <sub>2</sub> .	

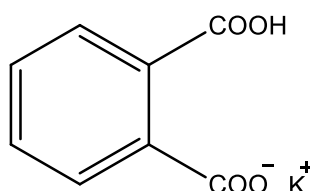
En el laboratorio de la Olimpíada Argentina de Química se realiza un experimento para simular las condiciones de la lluvia ácida. Para ello, se calienta una muestra de azufre en un recipiente cerrado con oxígeno y el SO<sub>3</sub> generado se hace burbujear en agua formándose una solución de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, que llamaremos Solución “**Lluvia ácida**” o “**LIA**”. Luego, para determinar la concentración de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en la solución acuosa, se realiza una titulación con una solución de NaOH.

e) Para ello, se prepara la solución alcalina pesando 2,036 g de NaOH y llevando a un volumen de 250 mL con agua destilada. Calcula la concentración de esta solución expresada en molaridad.



$$[\text{NaOH}] = \text{_____ M}$$

La concentración de NaOH calculada en el ítem anterior es una concentración nominal aproximada, dado que no es posible conocer la pureza de la sal pesada originalmente puesto que es higroscópica (el sólido absorbe agua del ambiente). Por lo tanto, para calcular la concentración exacta de esta solución es necesario valorarla. “Valorar” significa comprobar su concentración exacta mediante una titulación con una especie química denominada “patrón primario”, como puede ser el ftalato ácido de potasio (esta especie es un ácido).



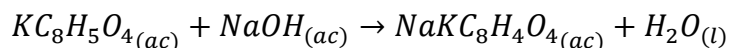
**ftalato ácido de potasio**

f) Teniendo en cuenta que el objetivo de un “patrón primario” es cuantificar de manera exacta y precisa la concentración de la solución de NaOH preparada, indica si las siguientes afirmaciones son Verdaderas (V) o Falsas (F):

Para que una sustancia sea patrón primario debe tener composición conocida, elevada pureza y debe ser estable a temperatura ambiente.	
El NaOH de sodio no se puede utilizar como patrón primario porque es higroscópico.	
Las soluciones de NaOH también se pueden valorar con $\text{Na}_2\text{CO}_3$ porque es un sólido estable a temperatura ambiente de composición conocida.	
El NaOH no se puede utilizar como patrón primario porque es una base fuerte.	
El ftalato ácido de potasio se puede usar como patrón primario porque es una sal.	



g) Para preparar la solución de patrón primario, se pesan 309,4 mg de ftalato ácido de potasio (FAP),  $KC_8H_5O_4$ , se disuelven en 100 mL de agua y esta solución se titula con la solución de NaOH recientemente preparada. Calcula cuál es la concentración exacta de la solución de NaOH, si para neutralizar completamente el ftalato ácido de potasio se emplearon 7,75 mL de la solución de NaOH.



[NaOH]<sub>exacta</sub> = \_\_\_\_\_ M

h) Calcula la concentración de  $H_2SO_4$  en la Solución “LIA” sabiendo que para titular 150 mL de muestra se emplearon 6,05 mL de la solución de NaOH preparada.

Nota:

- 1) si no pudiste calcular la concentración exacta de NaOH en el ítem g), supón que la concentración de NaOH es de 0,15 M.
- 2) supón que el  $H_2SO_4$  es un ácido diprótico fuerte que se disocia completamente.

[ $H_2SO_4$ ] = \_\_\_\_\_ M



- i) Calcula el pH de la solución “LIA” de  $H_2SO_4$ .

*Nota:*

- 1) si no pudiste calcular la concentración de la solución LIA de  $H_2SO_4$  en el ítem h), supón que la concentración es 0,005 M.  
2) supón que el  $H_2SO_4$  es un ácido diprótico fuerte que se disocia completamente.

pH = \_\_\_\_\_

#### EJERCICIO 4.

La mayoría de los automóviles actuales utilizan una batería o acumulador de plomo. Éste consta de celdas compuestas por un ánodo de plomo y un cátodo de dióxido de plomo, sumergidos en una solución de ácido sulfúrico concentrado. Durante el funcionamiento (la descarga) de la batería, en ambos electrodos (tanto en el ánodo como en el cátodo) se observa la formación de  $PbSO_4$ .

- a) Indica los estados de oxidación del plomo en las especies involucradas en el acumulador. Completa la siguiente tabla:

Especie	Estado de oxidación
$PbSO_4$	
Pb	
$PbO_2$	

- b) Escribe las hemireacciones que suceden en el ánodo y en el cátodo durante la descarga de la batería, así como la reacción electroquímica global. Indica también el tipo de reacción que se produce en cada electrodo (oxidación o reducción).



**Ánodo**

Proceso:

Hemirreacción:

**Cátodo**

Proceso:

Hemirreacción:

**Reacción global:**

- c) Comercialmente, los acumuladores de plomo se clasifican según su capacidad teórica máxima (CTM) expresada en A.h (amperes hora), lo que equivale a una carga de 3600 C. Ese valor describe el número de amperes que puede suministrar la batería por hora. Sabiendo que una batería Bosch contiene un electrodo de plomo de 406 g, calcule la capacidad teórica máxima del acumulador en A.h.

CTM = \_\_\_\_\_ A.h



- d) Para determinar el grado de descarga del acumulador de plomo se utiliza un hidrómetro que mide la densidad del electrolito (solución de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Indica con una cruz (X) cuál de las siguientes afirmaciones es correcta:

Durante la descarga del acumulador de plomo <b>se produce</b> ácido sulfúrico, por lo que la densidad del electrolito <b>aumenta</b> con la descarga de la batería	
Durante la descarga del acumulador de plomo <b>se produce</b> ácido sulfúrico, por lo que la densidad del electrolito <b>disminuye</b> con la descarga de la batería	
Durante la descarga del acumulador de plomo <b>se consume</b> ácido sulfúrico, por lo que la densidad del electrolito <b>disminuye</b> con la descarga de la batería	
Durante la descarga del acumulador de plomo <b>se consume</b> ácido sulfúrico, por lo que la densidad del electrolito <b>aumenta</b> con la descarga de la batería	
Ninguna de las opciones anteriores es correcta	

- e) Con el paso del tiempo y el uso, la concentración de ácido sulfúrico de un acumulador de plomo de un cierto automóvil pasó de 38% m/m (densidad = 1,29 g/mL) a 26% m/m. Suponiendo que la carga total suministrada por el acumulador ha sido de 129000 C y que el volumen de la solución de electrolito permanece constante en 724 mL,

- i. Calcula el porcentaje de descarga del acumulador.

<p>% Descarga = _____ %</p>
-----------------------------



- ii. Calcula la densidad final de la solución de electrolito ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).

$$\delta_{\text{final}} = \text{_____ g/mL}$$