

25ª OLIMPIADA ARGENTINA DE QUÍMICA
1 DE OCTUBRE DE 2015
CERTAMEN ZONAL – NIVEL 1

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.

EJERCICIO 1. A comienzos del siglo pasado los sistemas de refrigeración utilizaban dióxido de azufre como refrigerante. Si bien dentro de la cañería el compuesto se encuentra a alta presión y en estado líquido, al producirse una fuga el SO_2 pasa al estado gaseoso. Los escapes de este gas causaban accidentes graves, ya que es tóxico por inhalación. Por otra parte, también resulta corrosivo para las cañerías.

El dióxido de azufre, SO_2 , es un gas incoloro a temperatura ambiente.

- (a) Calcula la densidad relativa del SO_2 gaseoso respecto del aire (para simplificar los cálculos supón que el aire se compone de un 20% de oxígeno y un 80% de nitrógeno).
- (b) Sabiendo que la densidad del dióxido de azufre líquido presente en una cañería de un antiguo equipo refrigerante es $1,461 \text{ g mL}^{-1}$, calcula qué volumen ocuparía el SO_2 gaseoso a $18,5 \text{ }^\circ\text{C}$ y 1015 hPa generado a partir de una fuga de $2,00 \text{ mL}$ del SO_2 líquido.

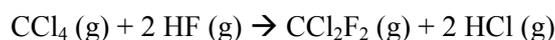
Por supuesto, en el momento en que se produce la fuga el SO_2 se mezcla con los gases presentes en el ambiente. Considerando que el equipo se encuentra en una habitación de $12,5 \text{ m} \times 10,0 \text{ m}$, y el techo de la misma está a una altura de $4,2 \text{ m}$:

- (c) Calcula la presión parcial de SO_2 en el ambiente.
- (d) Una forma de expresar una relación de masas para concentraciones muy bajas es como “partes por millón” o ppm. Así, 1 ppm corresponde a 1 mg del compuesto de interés en una muestra de 1 kg . Expresa el resultado del ítem (c) como ppm de SO_2 en el aire. *Si no pudiste calcular el ítem (c), supón que la presión parcial de SO_2 en el ambiente es $3 \times 10^{-5} \text{ atm}$.*

Nota: puedes suponer que las condiciones del ambiente son $18,5 \text{ }^\circ\text{C}$ de temperatura, 1015 hPa de presión y, para simplificar los cálculos, que el aire antes de producirse la fuga se compone de un 80% de O_2 y un 20% de N_2 .

En la década de 1930 se desarrollaron diversos compuestos de carbono, flúor y cloro, conocidos como clorofluorocarbonados (CFC). Los mismos eran químicamente inertes y por lo tanto más seguros para ser empleados como refrigerantes industriales.

Un ejemplo de estos compuestos es el Freón-12 (CCl_2F_2). El mismo puede obtenerse a partir de tetracloruro de carbono y fluoruro de hidrógeno, según la siguiente reacción:



- (e) Si se parte de 750 kg de HF y de 110 m^3 de CCl_4 medidos a $5,50 \text{ atm}$ y $115 \text{ }^\circ\text{C}$, calcula la masa de Freón-12 que se obtendrá, considerando que el proceso tiene un rendimiento del $95,0 \%$.

Más adelante se descubrió que los compuestos CFC deterioraban la capa de ozono. Si bien son inertes en condiciones normales, al ser sometidos a los intensos rayos ultravioletas de la estratosfera, generan “radicales”, especies muy reactivas que presentan en su estructura un electrón desapareado.

Así, el Freón-12 genera en la estratosfera el radical cloro ($\text{Cl}\cdot$), que a su vez reacciona rápidamente con el ozono (O_3) para formar oxígeno gaseoso y monóxido de cloro ($\text{ClO}\cdot$), otra especie radicalaria que continúa el ciclo de degradación del ozono.

De esta forma, una única molécula de Freón-12 puede degradar miles de moléculas de ozono.

(f) Completa las siguientes ecuaciones químicas que representan estas reacciones en forma individual:



(g) Escribe la ecuación química global del proceso de degradación del O_3

EJERCICIO 2. Además de ser un intermediario en la fabricación del ácido sulfúrico, el dióxido de azufre tiene propiedades desinfectantes. Ya en los primeros siglos de nuestra era fue utilizado por los romanos en la desinfección de las cubas de vino, quemando barras de azufre (S_8) dentro de los barriles vacíos antes de llenarlos con el producto.

(a) Completa la ecuación química que representa este proceso de desinfección:



El dióxido de azufre también se puede formar por combustión del sulfuro de hidrógeno.

(b) Completa la ecuación química que representa este proceso:



(c) Sabiendo que la entalpía de combustión del azufre (ecuación I) es de $-2390 \text{ kJ mol}^{-1}$ (expresada por mol de S_8 quemado), calcula la energía liberada al quemar una barra de azufre de 28,0 g con cantidad suficiente de oxígeno.

La entalpía estándar de formación (ΔH_f) es la energía necesaria para formar un mol de un dado compuesto a partir sus elementos, en condiciones de referencia estándar (1 atm de presión y a 25 °C). Esta entalpía es negativa cuando se trata de una reacción exotérmica, que desprende calor, mientras que es positiva cuando la reacción es endotérmica, absorbe calor.

(d) Conociendo la entalpía de formación del H_2S ($\Delta H_f = 20,1 \text{ kJ mol}^{-1}$), ¿Cuál de los dos compuestos libera mayor cantidad de calor por combustión, el S_8 o el H_2S , si los comparamos por gramo de producto?

EJERCICIO 3. Se necesita preparar solución para utilizarla como medio de cultivo de bacterias. La receta de preparación del medio indica que el mismo debe contener 55,8 g Na_2HPO_4 , 15,2 g de KH_2PO_4 y 10,0 g de NH_4Cl por litro de solución. Estas sales no se encuentran en el droguero del laboratorio, por lo cual debes calcular qué volúmenes utilizarás de las siguientes soluciones para preparar 250 mL del medio de cultivo.

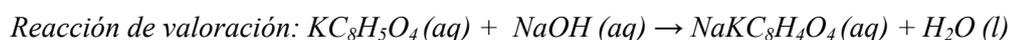
(a) Completa la segunda columna de esta tabla con dichos volúmenes expresados en mL:

Solución presente en el laboratorio	Volumen a utilizar para preparar 250 mL del medio (en mL)
Hidróxido de sodio (NaOH) 2,00 M	
Hidróxido de potasio (KOH) 2,50 M	
Amoníaco concentrado (NH ₃ 35,0 % en peso, $\delta = 0,880 \text{ g mL}^{-1}$)	
Ácido clorhídrico concentrado (HCl 37,5 % en peso, $\delta = 1,184 \text{ g mL}^{-1}$)	
Ácido ortofosfórico concentrado (H ₃ PO ₄ 85,0 % en peso, $\delta = 1,685 \text{ g mL}^{-1}$)	
Agua destilada	

Una vez preparado el medio lo utilizas siguiendo los procedimientos indicados para el cultivo de bacterias, pero al día siguiente encuentras que las bacterias no han crecido. Como sospechas que algunas de las soluciones que utilizaste podrían estar mal rotuladas, decides analizarlas.

Para valorar la solución de hidróxido de sodio (“valorar” significa comprobar su concentración exacta), se realiza inicialmente una dilución de la misma tomando 25,00 mL y agregando agua hasta un volumen final de 500,0 mL (solución A). Luego se pesan 217,8 mg de *biftalato de potasio*, KC₈H₅O₄, se disuelven en 50,00 mL de agua y esta solución se titula con la solución A.

- (b) Calcula la concentración exacta de la solución de NaOH original (expresada en mol L⁻¹), si para hacer reaccionar completamente el *biftalato de potasio* se emplearon 15,65 mL de la solución A.



Para valorar la solución de ácido clorhídrico concentrado se toman 2,00 mL del mismo y se diluyen con agua hasta un volumen final de 100,0 mL (solución B). Luego se pesan 238,5 mg de carbonato de sodio, se disuelven en 50,00 mL de agua y esta solución se titula con la solución B.

- (c) Calcula la concentración exacta de la solución de ácido clorhídrico concentrado original (expresada en % en peso), si para hacer reaccionar completamente el carbonato de sodio se emplearon 18,50 mL de la solución B.



DATOS $R = 0,082 \text{ L atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$; $1 \text{ atm} = 1013 \text{ hPa}$