

## BLOQUE A

**PROBLEMA 2.-** El carburo de silicio, SiC, o carborundo es un abrasivo de gran aplicación industrial. Se obtiene a partir de SiO<sub>2</sub> y carbono de acuerdo a la reacción: SiO<sub>2</sub> (s) + 3 C (s) → SiC (s) + 2 CO (g). Calcula:

- La cantidad de SiC (en Tm) que se obtendrá a partir de una Tm de SiO<sub>2</sub> de riqueza 93 %.
- La cantidad de carbono (en kg) necesaria para que se complete la reacción anterior.
- El volumen de CO (en m<sup>3</sup>) medido a 20 °C y 705 mm Hg producido en la reacción.

**DATOS:** A<sub>r</sub> (Si) = 28 u; A<sub>r</sub> (O) = 16 u; A<sub>r</sub> (C) = 12 u; R = 0,082 atm · L · mol<sup>-1</sup> · K<sup>-1</sup>;

Solución:

a) La tonelada métrica se pasa a gramos multiplicándola por los correspondientes factores de conversión, por la riqueza del SiO<sub>2</sub>, por la relación molar moles SiC-moles SiO<sub>2</sub>, y por los factores de conversión, para así determinar las toneladas métricas de SiC que se obtienen:

$$1 \text{ Tm SiO}_2 \cdot \frac{1000 \text{ kg SiO}_2}{1 \text{ Tm SiO}_2} \cdot \frac{1000 \text{ g SiO}_2}{1 \text{ kg SiO}_2} \cdot \frac{1 \text{ mol SiO}_2}{60 \text{ g SiO}_2} \cdot \frac{93 \text{ g SiO}_2 \text{ puro}}{100 \text{ g SiO}_2 \text{ impuro}} \cdot \frac{1 \text{ mol SiC}}{1 \text{ mol SiO}_2} \cdot \frac{40 \text{ g SiC}}{1 \text{ mol SiC}} \cdot \frac{1 \text{ kg SiC}}{1000 \text{ g SiC}} \cdot \frac{1 \text{ Tm SiC}}{1000 \text{ kg SiC}} = 0,62 \text{ Tm de SiC.}$$

b) Pasando la Tm a gramos multiplicándola por los correspondientes factores de conversión, por la riqueza del SiO<sub>2</sub>, por la relación molar moles C-moles SiO<sub>2</sub>, y por los factores de conversión necesarios se obtienen los kg de C que se necesitan para que la reacción sea completa:

$$1 \text{ Tm SiO}_2 \cdot \frac{1000 \text{ kg SiO}_2}{1 \text{ Tm SiO}_2} \cdot \frac{1000 \text{ g SiO}_2}{1 \text{ kg SiO}_2} \cdot \frac{1 \text{ mol SiO}_2}{60 \text{ g SiO}_2} \cdot \frac{93 \text{ g SiO}_2 \text{ puro}}{100 \text{ g SiO}_2 \text{ impuro}} \cdot \frac{3 \text{ moles C}}{1 \text{ mol SiO}_2} \cdot \frac{12 \text{ g C}}{1 \text{ mol C}} \cdot \frac{1 \text{ kg C}}{1000 \text{ g C}} = 558 \text{ kg de C.}$$

c) Operando como en los casos anteriores se obtienen los moles de CO, que llevados a la ecuación de estado de los gases ideales, despejando el volumen, sustituyendo las demás variables que se conocen por sus valores y operando, se obtiene el valor:

$$1 \text{ Tm SiO}_2 \cdot \frac{1000 \text{ kg SiO}_2}{1 \text{ Tm SiO}_2} \cdot \frac{1000 \text{ g SiO}_2}{1 \text{ kg SiO}_2} \cdot \frac{1 \text{ mol SiO}_2}{60 \text{ g SiO}_2} \cdot \frac{93 \text{ g SiO}_2 \text{ puro}}{100 \text{ g SiO}_2 \text{ impuro}} \cdot \frac{2 \text{ moles CO}}{1 \text{ mol SiO}_2} = 31.000$$

moles CO, a los que corresponde el volumen:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \Rightarrow V = \frac{n \cdot R \cdot T}{P} = \frac{31.000 \text{ moles} \cdot 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 293 \text{ K}}{705 \text{ mm Hg} \cdot \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ mm Hg}}} = 802911,43 \text{ L, que}$$

equivalen a:  $802.911,43 \text{ L} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} = 802,91 \text{ m}^3 \text{ de CO.}$

**Resultado:** a) 0,62 Tm SiC; b) 558 kg C; c) 802,91 m<sup>3</sup> CO.

## BLOQUE A

**PROBLEMA 4.-** Un compuesto orgánico presenta la siguiente composición centesimal: C = 58,5 %; H = 4,1 %; N = 11,4 % y O = 26 %. De otra parte se sabe que 1,5 g del mismo en fase gaseosa a la presión de 1 atm y temperatura de 500 K ocupan un volumen de 500 mL. Determina:

- La fórmula empírica del compuesto.
- Su fórmula molecular.

**DATOS:** A<sub>r</sub> (H) = 1 u; A<sub>r</sub> (O) = 16 u; A<sub>r</sub> (C) = 12 u; A<sub>r</sub> (N) = 14 u; R = 0,082 atm · L · mol<sup>-1</sup> · K<sup>-1</sup>.

Solución:

a) Considerando 100 g de compuesto, 58,5 g son de C, 4,1 g de H, 11,4 g de N y 26 g de O. Para determinar los moles de C, H, N y O que hay en el compuesto (los subíndices), se dividen las respectivas cantidades anteriores por las masas molares del C, H, N y O, resultando:

$$\text{Moles de C: } n(\text{C}) = \frac{\text{gramos}}{M(\text{C})} = \frac{58,5 \text{ g-C}}{12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 4,875 \text{ moles;}$$

$$\text{Moles de H: } n(\text{H}) = \frac{\text{gramos}}{M(\text{H})} = \frac{4,1 \text{ g-H}}{1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 4,1 \text{ moles;}$$

$$\text{Moles de N: } n(\text{N}) = \frac{\text{gramos}}{M(\text{N})} = \frac{11,4 \text{ g-N}}{14 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,814 \text{ moles;}$$

$$\text{Moles de O: } n(\text{O}) = \frac{\text{gramos}}{M(\text{O})} = \frac{26 \text{ g-O}}{16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 1,625 \text{ moles.}$$

Como los subíndices de las fórmulas empírica y molecular no pueden ser números decimales, se dividen los moles anteriores por el más pequeño, resultando:

$$\text{subíndice del C: } \frac{4,875}{0,814} = 5,99 \cong 6; \quad \text{subíndice del H: } \frac{4,1}{0,814} = 5,037 \cong 5;$$

$$\text{subíndice del N: } \frac{0,814}{0,814} = 1; \quad \text{subíndice del O: } \frac{1,625}{0,814} = 1,99 \cong 2.$$

Luego, la fórmula empírica del compuesto es:  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$ .

b) Para determinar la fórmula molecular se necesita conocer la masa molar del compuesto, para lo cual, se despeja su masa molar de la ecuación de estado de los gases ideales, se sustituyen las variables conocidas por sus valores y se opera, obteniéndose:

$$P \cdot V = \frac{g}{M} \cdot R \cdot T \Rightarrow M = \frac{g \cdot R \cdot T}{P \cdot V} = \frac{1,5 \text{ g} \cdot 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 500 \text{ K}}{1 \text{ atm} \cdot 0,5 \text{ L}} = 123 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

La masa molar de la fórmula empírica es:  $M(\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2) = 123 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ , y de la relación entre las masas molares de las fórmulas empírica y molecular se obtiene ésta:

$$M[(\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2)_n] = n \cdot M(\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2) \Rightarrow n = \frac{M[(\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2)_n]}{M(\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2)} = \frac{123 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{123 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 1, \text{ por lo que la}$$

fórmula molecular coincide con la empírica, es decir, la fórmula molecular es  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$ .

**Resultado: a)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$ ; b)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$ .**

## BLOQUE B

**CUESTIÓN 1A.- Razona el efecto que tendría sobre el siguiente equilibrio cada uno de los cambios:**



- Aumentar la temperatura.**
- Aumentar la presión total.**
- Añadir oxígeno.**
- Eliminar parcialmente HCl (g).**
- Añadir un catalizador.**

Solución:

a) El aumento de temperatura, suministro de calor, a un sistema en equilibrio, lo desplaza en el sentido en el que el sistema absorbe el calor suministrado, es decir, el equilibrio se desplaza en el sentido endotérmico de la reacción, y por ser ésta tal cual está escrita exotérmica, el equilibrio se desplaza hacia la izquierda.

b) Al aumentar la presión disminuye el volumen del reactor, y esta disminución de la capacidad hace que el sistema, para contrarrestar la alteración externa producida, evolucione en el sentido en el que se produce una disminución en el número de moles (Principio de Le Chatelier), es decir, el equilibrio se desplaza hacia la derecha.

c) Si se añade oxígeno al equilibrio, el aumento de concentración que se produce en uno de los reactivos, provoca un incremento en la reacción entre el HCl y el O<sub>2</sub> que desplaza el equilibrio hacia la formación de los productos de reacción, es decir, hacia la derecha.

d) La eliminación de HCl, uno de los reactivos, provoca una disminución de su concentración e indirectamente un aumento de la concentración de los productos de reacción, por lo que estos aumentan entre sí la reacción desplazando el equilibrio hacia la formación de los reactivos, hacia la izquierda.

e) La adición de un catalizador no afecta para nada al equilibrio, pues esta sustancia sólo sirve para disminuir, si es positivo, o aumentar, si es negativo, la energía de activación del sistema, aumentando o disminuyendo, según sea el caso, la velocidad de reacción y, por tanto, alcanzar el equilibrio en menos tiempo, pero sin influir en él.

**CUESTIÓN 1B.- La variación de entalpía de la reacción:  $\text{Ag}_2\text{O (s)} \rightarrow 2 \text{Ag (s)} + \frac{1}{2} \text{O}_2 \text{(g)}$  es  $\Delta H^\circ = 30,60 \text{ kJ}$ . Sabiendo que la variación de entropía de esta reacción es  $\Delta S^\circ = 66,04 \text{ J/K}$ , y suponiendo que  $\Delta H^\circ$  y  $\Delta S^\circ$  permanecen constante con la temperatura, calcula:**

- La variación de energía libre de Gibbs a 25 °C, indicando si la reacción es o no espontánea.**
- La temperatura a partir de la cual la reacción es espontánea.**

Solución:

a) La variación de la energía libre de Gibbs se obtiene de la expresión:  $\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$ . Llevando a dicha expresión los valores de las variables conocidas y operando se obtiene el valor o variación de la energía libre de Gibbs:

$$\Delta G = 30,60 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - 298 \text{ K} \cdot 66,04 \cdot 10^{-3} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} = 10,92 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Por ser positivo el incremento de energía libre la reacción no es espontánea.

b) La reacción será espontánea si la energía libre de Gibbs  $\Delta G < 0$ , y esto sólo se consigue para altas temperaturas, pues en estas condiciones, el producto  $T \cdot \Delta S$  es más negativo y supera a  $\Delta H$  en valor absoluto y, al efectuar la diferencia, el resultado es negativo. En efecto, haciendo  $\Delta G = 0$ , despejando la temperatura de la expresión  $\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$ , sustituyendo las variables conocida por sus valores y operando, resulta:

$$T = \frac{\Delta H}{\Delta S} = \frac{30,60 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}}{66,04 \cdot 10^{-3} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}} = 463,36 \text{ K o } 190,36 \text{ }^\circ\text{C}$$

y a partir de esta temperatura la reacción es espontánea, pues  $\Delta G < 0$ .

**CUESTIÓN 2.- Los elementos A, B, C y D tienen de números atómicos 12, 14, 17 y 37, respectivamente.**

- Escribe la configuración electrónica de  $\text{A}^{2+}$ , B,  $\text{C}^-$  y D.**
- Indica, justificando la respuesta, si las siguientes proposiciones referidas a los elementos anteriores, A, B, C y D son verdaderas o falsas:**
  - El elemento de menor radio atómico es el B.**
  - El elemento D es el que tiene mayor energía de ionización.**
  - El elemento C es el que tiene mayor afinidad electrónica.**
  - Cuando se combinan C y D se forma un compuesto molecular.**

Solución:

a) El catión  $\text{A}^{2+}$  procede del átomo neutro A que ha perdido los 2 electrones más externo de su capa de valencia, es decir, el catión contiene por ello 10 electrones en su corteza, siendo su configuración electrónica:  $\text{A}^{2+}: 1s^2 2s^2 2p^6$ , que corresponde a un gas noble, concretamente al Neón.

Un átomo eléctricamente neutro del elemento B, posee en su corteza tantos electrones como dice su número atómico, es decir, 14 electrones, siendo su configuración electrónica:  $\text{B}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$ .

El anión  $C^-$  proviene del átomo neutro C que ha ganado un electrón en su nivel de valencia, por lo que posee en su corteza un electrón más que el indicado por su número atómico, es decir, posee 18 electrones, siendo su configuración electrónica:  $C^-: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ .

Finalmente, la configuración electrónica de un átomo neutro del elemento D, con 37 electrones en su corteza es:  $D: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^1$ .

b) 1º.- El radio atómico es una propiedad periódica que disminuye al avanzar en un período desde la izquierda a la derecha, y aumenta cuando se baja en un grupo.

La razón se encuentra en que al avanzar en el período aumenta la carga nuclear, mientras que el electrón que se va introduciendo lo hace en el mismo nivel energético (capa de valencia), por lo que la fuerza atractiva núcleo-electrón diferenciador se va haciendo cada vez más intensa, provocando en el átomo una disminución de su radio.

El aumento del radio atómico al bajar en un grupo se debe a que, aunque se va incrementando la carga nuclear, los electrones se van situando en niveles cada vez más alejados del núcleo y, por ello, la fuerza atractiva núcleo-electrón va haciéndose cada vez menor provocando el aumento del radio atómico.

La configuración electrónica de los átomos de los elementos A, B, C y D, concretamente A y C, pues las de B y D ya se han escrito en el apartado anterior, son:

A ( $Z = 12$ ):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ ;                      C ( $Z = 17$ ):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ .

Luego, los elementos A, B y C se encuentran situados en el mismo período de la tabla periódica, por lo que, según se expuso en la introducción, al disminuir el radio atómico al avanzar en el período de izquierda a derecha, el átomo de menor radio es el C, pues el elemento D se sitúa dos períodos más bajos y, por esta razón, su radio atómico es mayor que el de los átomos anteriores

2º.- La energía de ionización es una propiedad periódica que aumenta al avanzar en un período y disminuye al bajar en un grupo

La razón de esta variación se encuentra en que al avanzar en un período, se produce un incremento de la carga nuclear y la ubicación del electrón diferenciador, electrón demás que tiene un átomo de un elemento respecto a otro átomo del elemento anterior, en el mismo nivel energético, lo que se traduce en un aumento de la fuerza atractiva núcleo-electrón y en consecuencia en un aumento de la primera energía de ionización.

Al bajar en un grupo, aunque se incrementa la carga nuclear, los electrones se van situando en niveles cada vez más alejados del núcleo y, por ello, la fuerza atractiva núcleo-electrón va haciéndose cada vez menor y el potencial de ionización disminuye.

Luego, el elemento D no es el que tiene la energía de ionización más alta, pues por ser el que se encuentra más bajo en la tabla periódica le corresponde la energía de ionización más baja.

3º.- La afinidad electrónica es otra propiedad periódica que aumenta al avanzar en un período de izquierda a derecha, y disminuye al bajar en un grupo. Ello es debido a que al avanzar en el período, el aumento de la carga nuclear favorece la fuerza atractiva núcleo-electrón introducido, favoreciéndose en el sentido indicado la aceptación de un electrón en la capa de valencia.

Como al bajar en un grupo aumenta la carga nuclear y el electrón que se gana se sitúa cada vez más alejado del núcleo, al disminuir la fuerza atractiva núcleo-electrón introducido es más difícil que se acepte un electrón en la capa de valencia.

De lo expuesto se deduce que el elemento C, el situado más a la derecha en el período 3º, es el de mayor afinidad electrónica.

4º.- El elemento D es un alcalino, mientras que el C es un halógeno, por lo que en función de la facilidad del primero en formar cationes monopositivos,  $D^+$ , y del segundo aniones mononegativos,  $C^-$ , ambos elementos cuando se unen no forman nunca un compuesto molecular, sino uno iónico, cuya fórmula es DC.