

SOLUCIONES

Problema (3,5 puntos)

Se quiere fabricar un cemento cuya composición final sea: S3C [SiO₂.3CaO] 65%; S2C [SiO₂ 2CaO] 30% y A3C [Al₂O₃.3CaO] 5%. Como materias prima se parte de caliza (CaCO₃) con un 5% de humedad; de sílice libre (SiO₂) con un 3% de alúmina Al₂O₃ y un 2% de humedad, y de alúmina con un 20% de agua y un 5% de SiO₂. Se pide:

1) Calcular las t/h de las materias prima que deben introducirse en el horno para obtener un producción de 10 t/h del cemento con la composición indicada.

2) Las t/h de CO₂ emitidas a la atmósfera.

DATOS: Masas atómicas del H; C; O; Al; Si y Ca: 1,0; 12,0; 16,0; 27,0; 28,0 y 40,0 g/mol.

Preguntas (4 puntos) Debe contestar únicamente a 4 preguntas de las 5 que se proponen

1) Teniendo en cuenta la teoría de hibridación de orbitales atómicos, indique que tipo de hibridación presenta la molécula de tribromuro de boro, cuales son los ángulos de enlace entre sus átomos, el sentido de la polaridad del enlace B - Br y el valor del momento dipolar de la molécula.

2) Defina los siguientes conceptos: a) Orden de reacción; b) Orden de enlace; c) Orbital atómico y d) ácido de Lewis, ponga en cada caso un ejemplo característico.

3) El Ozono (O₃) es un alótropo de oxígeno que se puede obtener en un reactor al someter el oxígeno molecular a una radiación UV de 240 nm. Si la presión inicial de O₂ es 101 kPa a 25°C y al finalizar el proceso la presión en el reactor ha descendido a 95 kPa a la misma temperatura ¿Cual es la composición en volumen del ozono en el reactor?.

4) El hidróxido sódico ocupa el 7º lugar en importancia dentro de la Industria Química. Describa brevemente un método para su obtención industrial e indique alguna de sus aplicaciones más importantes.

5) Escriba y nombre los isómeros que responden a la fórmula molecular: C₄H₁₀O.

Temas (2,5 puntos) Debe contestar únicamente a 1 tema de los 2 que se proponen

1.- Efecto de la concentración sobre la fuerza electromotriz de una pila: Ecuación de Nernst

2.- Metalurgia del aluminio

SOLUCIONES

PROBLEMA

Se quiere fabricar un cemento cuya composición final sea: S3C [SiO₂.3CaO] 65%; S2C [SiO₂ 2CaO] 30% y A3C [Al₂O₃.3CaO] 5%. Como materias prima se parte de caliza (CaCO₃) con un 5% de humedad; de sílice libre (SiO₂) con un 3% de alúmina Al₂O₃ y un 2% de humedad, y de alúmina con un 20% de agua y un 5% de SiO₂. Se pide:

1) Calcular las t/h de las materias prima que deben introducirse en el horno para obtener un producción de 10 t/h del cemento con la composición indicada.

2) Las t/h de CO₂ emitidas a la atmósfera.

DATOS: Masas atómicas del H; C; O; Al; Si y Ca: 1,0; 12,0; 16,0; 27,0; 28,0 y 40,0 g/mol.

RESOLUCIÓN

Teniendo en cuenta la composición final del cemento, las cantidades de cada tipo para la obtención de las 10 t/h serán:

S3C (65% de 10 T/h): 6,5 Tm = 6500 Kg/h de SiO₂.3CaO,

(Masa molecular = 60+3.56 = 228) que contendrá:

$$\text{SiO}_2 : 6500 \cdot \frac{60}{228} = 1711 \text{ Kg/h de SiO}_2 \text{ en el S3C}$$

$$\text{CaO} : 6500 \cdot \frac{356}{228} = 4789 \text{ Kg/H de CaO en el S3C}$$

S2C (30% de 10 T/h): 3,0 Tm = 3000 Kg/h de SiO₂.2CaO,

(Masa molecular = 60+2.56 = 172) que contendrá:

$$\text{SiO}_2 : 3000 \cdot \frac{60}{172} = 1047 \text{ Kg/h de SiO}_2 \text{ en el S2C}$$

$$\text{CaO} : 3000 \cdot \frac{256}{172} = 1953 \text{ Kg/H de CaO en el S2C}$$

A3C (5% de 10 T/h): 0,5 Tm = 500 Kg/h de $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaO}$,
(Masa molecular = 102+3.56 = 270) que contendrá:

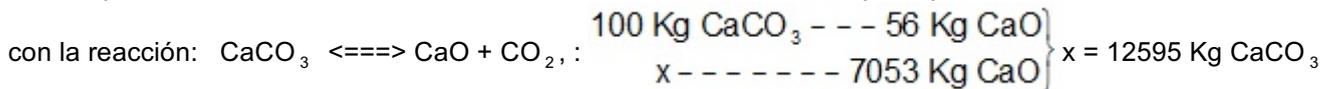
$$\text{Al}_2\text{O}_3 : 500 \cdot \frac{102}{270} = 189 \text{ Kg/h de Al}_2\text{O}_3 \text{ en el A3C}$$

$$\text{CaO} : 500 \cdot \frac{356}{270} = 311 \text{ Kg/H de CaO en el A3C}$$

Las cantidades totales de cada componente en el cemento final son:

$$\begin{aligned} \text{SiO}_2 &= 1711 + 1047 = 2758 \text{ Kg/h de SiO}_2 \\ \text{CaO} &= 4789 + 1953 + 311 = 7053 \text{ Kg/h de CaO} \\ \text{Al}_2\text{O}_3 &= 189 \text{ Kg/h} \end{aligned}$$

Las cantidades de estos componentes hemos de añadirselas con las materias primas que nos indican. El CaO procede en su totalidad de la caliza añadida, la cual se descompone por la acción del calor de acuerdo



seca, la cual constituye solamente el 95%, ya que la caliza de la que se dispone contiene un 5% de humedad, por

lo que se necesitará:

$$\left. \begin{array}{l} 100 \text{ Kg caliza --- } 95 \text{ Kg CaCO}_3 \text{ seco} \\ X \text{ --- } 12655 \text{ Kg} \end{array} \right\} \mathbf{X=13258 \text{ Kg/h de mineral caliza}}$$

Las cantidades de SiO_2 y de Al_2O_3 no podemos calcularlas directamente ya que tanto la sílice añadida como la alúmina contienen cantidades de ambos, por tanto vamos a partir de las cantidades siguientes

$$\text{X Kg de Sílice libre} \left\{ \begin{array}{l} 95\% \text{ de SiO}_2 = (0,95 \cdot X) \text{ Kg de SiO}_2 \text{ puro y seco} \\ 3\% \text{ de Al}_2\text{O}_3 = (0,03 \cdot X) \text{ Kg de Al}_2\text{O}_3 \text{ puro y seco} \\ 5\% \text{ de humedad} = (0,05 \cdot X) \text{ Kg de agua} \end{array} \right.$$

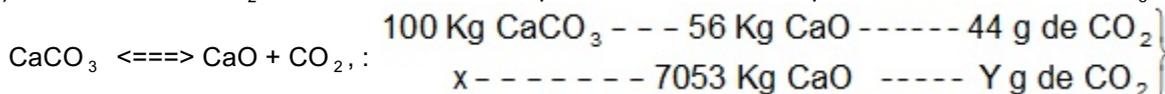
$$\text{Y Kg de alumina} \left\{ \begin{array}{l} 5\% \text{ de SiO}_2 = (0,05 \cdot Y) \text{ Kg de SiO}_2 \text{ puro y seco} \\ 75\% \text{ de Al}_2\text{O}_3 = (0,75 \cdot Y) \text{ Kg de Al}_2\text{O}_3 \text{ puro y seco} \\ 20\% \text{ de humedad} = (0,20 \cdot Y) \text{ Kg de agua} \end{array} \right.$$

Por tanto, las cantidades de SiO_2 y de Al_2O_3 serán las procedentes de ambas materias primas, y entre ellas han de completar las cantidades necesarias calculadas anteriormente para la obtención del cemento:

$$\left. \begin{array}{l} \text{SiO}_2: 0,95 \cdot X + 0,05 \cdot Y = 2758 \\ \text{Al}_2\text{O}_3: 0,03 \cdot X + 0,75 \cdot Y = 189 \end{array} \right\} \text{, de donde, al resolver el sistema obtenemos las cantidades X e Y, que son las necesarias para la obtención de ese cemento, y son:}$$

$$\mathbf{X = 2896 \text{ Kg/h de Sílice libre} \quad Y = 136 \text{ Kg/h de alúmina}}$$

b) La cantidad de CO_2 emitido a la atmósfera proviene de la descomposición térmica del CaCO_3 :



$$\mathbf{Y = 5542 \text{ Kg/h} = 5,542 \text{ T/h de CO}_2 \text{ se emiten a la atmósfera}}$$

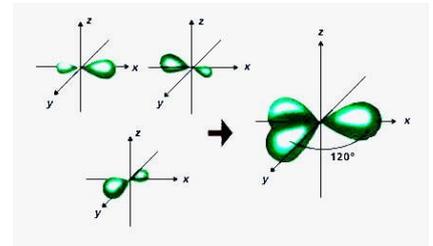
PREGUNTAS

1) Teniendo en cuenta la teoría de hibridación de orbitales atómicos, indique que tipo de hibridación presenta la molécula de tribromuro de boro, cuales son los ángulos de enlace entre sus átomos, el sentido de la polaridad del enlace B - Br y el valor del momento dipolar de la molécula.

RESOLUCIÓN

La configuración electrónica del Boro es: $1s^2 2s^2 2p^1$, por lo que cuando forme compuestos, dado que dispone de tres electrones en el nivel 2, será capaz de formar tres orbitales híbridos, es decir, adquirirá una hibridación sp^2 .

Dado que forma tres orbitales, estos se distribuirán lo más simétricos posible y lo más alejados entre sí que sea posible, por lo que presentarán una geometría triangular plana, con los tres orbitales dirigidos hacia los vértices de un triángulo equilátero, por lo que los ángulos de enlace serán de 120° .



Teniendo en cuenta la electronegatividad de los átomos enlazados: B y Br, mayor en este último, los enlaces se encontrarán polarizados, con la carga negativa (electrones de enlace) más cercanos al átomo de Bromo.

Por otra parte, dado que se trata de una molécula perfectamente simétrica, el momento dipolar de la misma será nulo, pues se contrarrestan las polaridades de los enlaces entre sí.

2) Defina los siguientes conceptos: a) Orden de reacción; b) Orden de enlace; c) Orbital atómico y d) ácido de Lewis, ponga en cada caso un ejemplo característico.

A) Orden de reacción Es el exponente que afecta a la concentración de los reactivos en la correspondiente ecuación de velocidad de una determinada reacción. Para la reacción: $a.A + b.B \rightarrow c.C + d.D$, la ecuación de velocidad es: $V = k.[A]^\alpha.[B]^\beta$, el orden de reacción con respecto al reactivo A es: α , con respecto a B es: β , mientras que el orden total de esta reacción es: $(\alpha + \beta)$

b) Orden de enlace: Cuando se forma un enlace entre dos átomos, estos comparten los electrones de sus capas de valencia. Si utilizamos las fórmulas de Lewis, el orden de enlace será el número de pares de electrones compartidos, pero si tenemos en cuenta la teoría de los orbitales moleculares, el orden de enlace será la mitad de la diferencia entre el número de electrones enlazantes y antienlazantes. Así, para el CO, las configuraciones electrónicas de los átomos enlazados son: C: $1s^2 2s^2 2p^2$; O: $1s^2 2s^2 2p^4$.

La fórmula de Lewis para esta molécula es: $:\overset{\times\times}{\underset{\times\times}{C}}:\overset{\times\times}{\underset{\times\times}{O}}:$, por lo que el orden de enlace es 3, ya que el C y el O comparten tres pares de electrones. Si tenemos en cuenta la teoría de los orbitales moleculares, la configuración electrónica de la molécula se obtiene teniendo en cuenta que se dispone de $4 + 6 = 10$ electrones en su capa de enlace, por lo que nos quedará:

$\sigma^2_{2s}; \sigma^{*2}_{2s}; \pi^2_{2p_y} = \pi^2_{2p_z}; \sigma^2_{2p_x}$, donde hay 8 electrones enlazantes y 2 antienlazantes,

por lo que el orden de enlace será: $O.E. = \frac{8 - 2}{2} = 3$

c) Orbital atómico: Es un concepto que procede de la teoría mecanocuántica del átomo, y nos indica la parte del espacio en la cual es más probable encontrar al electrón, Está definido por los tres primeros números cuánticos: n, l y m_s .

d) ácido de Lewis: Es cualquier molécula o ion capaz de aceptar pares de electrones: En el caso del protón, es un ácido de Lewis ya que: $H^+ + 2e^- \rightarrow H^-$

3) El Ozono (O_3) es un alótropo de oxígeno que se puede obtener en un reactor al someter el oxígeno molecular a una radiación UV de 240 nm. Si la presión inicial de O_2 es 101 kPa a $25^\circ C$ y al finalizar el proceso la presión en el reactor ha descendido a 95 kPa a la misma temperatura ¿Cuál es la composición en volumen del ozono en el reactor?.

RESOLUCIÓN

La reacción que tiene lugar es:

	3 O ₂	⟷	2 O ₃
Inicial	a		---
En equilibrio	a - 3x		2.x

Siendo: "a": N° inicial de moles de O₂

"2.x": n° de moles de O₃ formadas. Con este valor, el número de moles de O₂ que reaccionan será "3.x"

El número de moles al inicio y al final del proceso lo determinamos aplicando la ecuación general de los gases, pero dado que no conocemos ni el volumen ni la temperatura, el número de moles de cada uno quedará

en función de estas dos variables: $P.V = n.R.T \Rightarrow n = \frac{P.V}{R.T} = P \cdot \frac{V}{R.T}$, teniendo en cuenta, además,

que la Presión ha de expresarse en atmósferas, y que 1 atm = 101400 Pa, aunque, como veremos, pueden realizarse los cálculos en kPa, ya que el factor de conversión se va a anular

$$\text{Inicial: } P_{\text{inicial}} = 101 \text{ kPa} = \frac{101000}{101400} \text{ atm}; \text{ N}^\circ \text{ inicial de moles de O}_2: \mathbf{a} = \frac{101000}{101400} \cdot \frac{V}{R.T}; \mathbf{a} = 101000 \cdot \frac{V}{101400 \cdot R.T}$$

$$\text{N}^\circ \text{ total de moles final} = \text{N}^\circ \text{ moles de O}_2 + \text{N}^\circ \text{ de moles de O}_3 \quad \mathbf{a - 3x + 2x = a - x}$$

$$\text{Final: } P_{\text{FINAL}} = 95 \text{ kPa} = \frac{95000}{101400} \text{ atm}; \quad \mathbf{a - x} = \frac{95000}{101400} \cdot \frac{V}{R.T}; \quad \mathbf{a - x} = 95000 \cdot \frac{V}{101400 \cdot R.T}$$

y a partir de ambas, determinamos el valor de x: $101000 \cdot \frac{V}{101400 \cdot R.T} - \mathbf{x} = 95000 \cdot \frac{V}{101400 \cdot R.T}$, de donde:

$$\mathbf{x} = 6000 \cdot \frac{V}{101400 \cdot R.T}$$

La composición en volumen es igual que la composición en moles, por lo que vamos a determinar la fracción molar, que lo será también en volumen:

$$\text{FRACCIÓN MOLAR: } X_{\text{OZONO}} = \frac{\text{N}^\circ \text{ moles O}_3}{\text{N}^\circ \text{ total moles}}; \quad X_{\text{OZONO}} = \frac{2 \cdot x}{a - x} = \frac{2 \cdot 6000 \cdot \frac{V}{101400 \cdot R.T}}{95000 \cdot \frac{V}{101400 \cdot R.T}} = \frac{2 \cdot 6000}{95000}, \text{ y así:}$$

$$\mathbf{X_{OZONO} = 0,126 \Rightarrow 12,6\%}$$

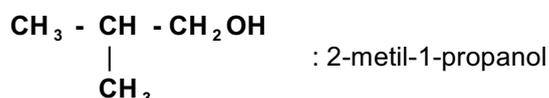
4) El hidróxido sódico ocupa el 7° lugar en importancia dentro de la Industria Química. Describa brevemente un método para su obtención industrial e indique alguna de sus aplicaciones más importantes.

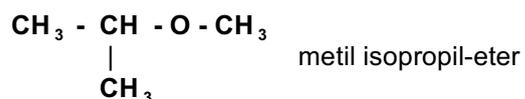
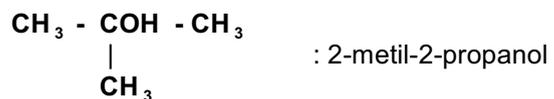
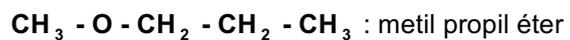
Var pág. 436 del texto recomendado

5) Escriba y nombre los isómeros que responden a la fórmula molecular: C₄H₁₀O.

RESOLUCIÓN

Dado que la fórmula general es C₄H₁₀O, el encontrarse el H en la relación (2n+2) con relación al C, el el compuesto todos los enlaces serán sencillos, no existiendo, además, ningún ciclo, por lo que solamente puede tratarse de alcoholes o éteres de cadena lineal o ramificada:





Temas (2,5 puntos) Debe contestar únicamente a 1 tema de los 2 que se proponen

1.- Efecto de la concentración sobre la fuerza electromotriz de una pila: Ecuación de Nernst

Ver páginas 275 - 276 del texto recomendado

2.- Metalurgia del aluminio

Ver página 449 del texto recomendado

El texto recomendado es: **QUÍMICA APLICADA A LA INGENIERÍA**. Caselles, M.J., Gómez, M.R., Molero, M y Sardá, J. Unidades Didácticas de la UNED. Madrid-2004