

ÚNICAMENTE SE PERMITE EL USO DE CALCULADORA NO PROGRAMABLE

Problema (3,5 puntos)

Se quiere fabricar un cemento con la siguiente composición final: 70% de S3C (silicato tricálcico); 20% de S2C (silicato dicálcico) y 10% de Al3C (aluminato tricálcico). Se parte como materia prima de caliza; sílice y alúmina hidratada, cuyas composiciones respectivas son las siguientes:

Caliza: 90% de CaCO_3 ; 5% SiO_2 y 5% de humedad.

Sílice: %100 SiO_2 .

Alúmina hidratada: 90% $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ y 10% SiO_2

Se pide:

- 1) Las t/h de cada uno de los componentes de la materia prima necesarias para obtener 1 t/h del cemento.
- 2) El caudal en t/h de la corriente de gases (CO_2 y vapor de agua) que salen del horno y su composición en volumen.

DATOS: Masas atómicas del H; O; Al; Si y Ca: 1,9; 16,0; 27,0; 28 y 40,0 g/mol.

RESOLUCIÓN

Los componentes de este cemento portland, de acuerdo con la nomenclatura convencional usada para ello, junto con la cantidad de los mismos por t/h (1000 Kg/h) de cemento producido son:

S3C: Silicato tricálcico:..... $\text{SiO}_2 \cdot 3\text{CaO}$ 70% de 1000 = 700 Kg/h

S2C: Silicato dicálcico: $\text{SiO}_2 \cdot 2\text{CaO}$ 20% de 1000 = 200 Kg/h

Al3C: Aluminato tricálcico:.... $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaO}$ 10% de 1000 = 100 Kg/h

Dado que hay componentes comunes en los tres, vamos a calcular las cantidades totales de SiO_2 (los existentes en los 700 Kg de S3C más los existentes en los 200 Kg de S2C)

CaO (los existentes en los 700 Kg de S3C más los existentes en los 200 Kg de S2C más los existentes en los 100 Kg de Al3C)

Al_2O_3 (los existentes en los 100 Kg de Al3C)

Para ello, partimos de los pesos moleculares de cada uno :

S3C: $\text{SiO}_2 \cdot 3\text{CaO} \Rightarrow \text{Pm} = (28+2 \cdot 16) + 3 \cdot (40+16) = 228$, por lo que teniendo en cuenta la fórmula, vemos que en cada mol (228 g) hay $(28+2 \cdot 16) = 60$ g de SiO_2 y $3 \cdot (40+16) = 168$ g de CaO .

Dado que se han de obtener 700 Kg de este S3C, las cantidades de SiO_2 y de CaO que hay en ellos son:

$$\text{SiO}_2: \frac{60}{228} \cdot 700 = \mathbf{184,21 \text{ Kg de SiO}_2}, \text{CaO} \cdot \frac{168}{228} \cdot 700 = \mathbf{515,79 \text{ Kg de CaO}}$$

S2C: $\text{SiO}_2 \cdot 2\text{CaO} \Rightarrow \text{Pm} = (28+2 \cdot 16) + 2 \cdot (40+16) = 172$, por lo que teniendo en cuenta la fórmula, vemos que en cada mol (172 g) hay $(28+2 \cdot 16) = 60$ g de SiO_2 y $2 \cdot (40+16) = 112$ g de CaO .

Dado que se han de obtener 200 Kg de este S2C, las cantidades de SiO_2 y de CaO que hay en ellos son:

$$\text{SiO}_2: \frac{60}{172} \cdot 200 = \mathbf{69,77 \text{ Kg de SiO}_2}, \text{CaO} \cdot \frac{112}{172} \cdot 200 = \mathbf{130,23 \text{ Kg de CaO}}$$

Al3C: $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaO} \Rightarrow \text{Pm} = (2 \cdot 27+3 \cdot 16) + 3 \cdot (40+16) = 270$, por lo que teniendo en cuenta la fórmula, vemos que en cada mol (270 g) hay $(2 \cdot 27+3 \cdot 16) = 102$ g de Al_2O_3 y $3 \cdot (40+16) = 168$ g de CaO .

Dado que se han de obtener 100 Kg de este Al3C, las cantidades de Al_2O_3 y de CaO que hay en ellos son:

$$\text{Al}_2\text{O}_3: \frac{102}{270} \cdot 100 = \mathbf{37,78 \text{ Kg de Al}_2\text{O}_3}, \text{CaO} \cdot \frac{168}{270} \cdot 100 = \mathbf{62,23 \text{ Kg de CaO}}$$

Por tanto las cantidades totales de estos tres compuestos: SiO_2 , CaO y Al_2O_3 que salen del horno son:

$$\text{SiO}_2 = 184,21 + 69,77 = 253,98 \text{ Kg/h}$$

$$\text{CaO} = 515,79 + 130,23 + 62,23 = 708,25 \text{ Kg/h}$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = 37,78 \text{ Kg/h}$$

Y todas estas cantidades se obtienen a partir de las materias primas de que se dispone:

El Al_2O_3 a partir de la alúmina hidratada, la cual en el horno pierde el agua de hidratación

El CaO a partir de la caliza, la cual en el horno se descompone perdiendo tanto la humedad como CO_2

El SiO_2 está presente en los dos compuestos anteriores, por lo que la cantidad que falte habrá que

añadirsela con sílice.

La cantidad de alúmina hidratada que se necesita para obtener esos 37,78 Kg/h de Al_2O_3 , se determina a partir de la estequiometría de la reacción de deshidratación de la alúmina hidratada, que es la siguiente:

	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow$	$\text{Al}_2\text{O}_3 +$	$2 \text{H}_2\text{O}$
Cantidad Estequiométrica	1 mol = 138	1 mol = 102	2 moles = 36
Cantidades de reacción	x	37,78 Kg/h	y

$$\text{de donde } x = \frac{138 \cdot 37,78}{102} = 51,11 \text{ Kg/h de } \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \text{ que se necesitan}$$

$$y = \frac{36 \cdot 37,78}{102} = 13,33 \text{ Kg/h de } \text{H}_2\text{O} \text{ que se obtienen en esta descomposición}$$

pero como el mineral solamente tiene un 90% de esta alúmina hidratada, la cantidad del mismo que necesitamos para disponer de estos 51,11 Kg/h de alúmina hidratada es:

$$\text{Kg/h de mineral} = 51,11 \cdot \frac{100}{90} = \mathbf{56,78 \text{ Kg/h de mineral de alúmina hidratada}}$$
, el

$$\text{cual contiene un 10% de } \text{SiO}_2: 56,78 \cdot \frac{10}{100} = \mathbf{5,68 \text{ Kg/h de sílice que se añaden junto con la alúmina.}}$$

Por otra parte, la cantidad de caliza que se necesita para obtener esos 708,25 Kg/h de CaO, se determina a partir de la estequiometría de la reacción de descomposición del carbonato de calcio, que es la siguiente:

	$\text{CaCO}_3 \rightarrow$	$\text{CaO} +$	CO_2
Cantidad Estequiométrica	1 mol = 100	1 mol = 56	1 moles = 44
Cantidades de reacción	x	708,25 Kg/h	y

$$\text{de donde } x = \frac{100 \cdot 708,25}{56} = 1264,73 \text{ Kg/h de } \text{CaCO}_3 \text{ que se necesitan}$$

$$y = \frac{44 \cdot 708,25}{56} = 556,48 \text{ Kg/h de } \text{CO}_2 \text{ que se obtienen en esta descomposición}$$

pero como el mineral solamente tiene un 90% de este CaCO_3 , la cantidad del mismo que necesitamos para disponer de estos 1264,73 Kg/h de CaCO_3 es:

$$\text{Kg/h de mineral} = 1264,73 \cdot \frac{100}{90} = \mathbf{1405,26 \text{ Kg/h de mineral de caliza}}$$
, el cual contiene

$$\text{un 5% de } \text{SiO}_2: 1405,26 \cdot \frac{5}{100} = \mathbf{70,26 \text{ Kg/h de sílice que se añaden junto con la caliza}}$$

$$\text{y también tiene un 5% de humedad: } 1405,26 \cdot \frac{5}{100} = \mathbf{70,26 \text{ Kg/h de agua que lleva la caliza.}}$$

La cantidad de sílice que se debe añadir es la que se necesite para completar los 253,98 Kg/h que se necesitan, y que es: $253,98 - 5,68 - 70,26 = \mathbf{178,04 \text{ Kg/h de sílice hay que añadir.}}$

Por tanto las cantidades de alimentación del horno para obtener 1 t/h de este cemento serán:

56,78 Kg/h de mineral de alúmina hidratada
1405,26 Kg/h de mineral de caliza
178,04 Kg/h de sílice

Las cantidades de gases que salen son:

CO₂ el procedente de la descomposición de la caliza: **556,48 Kg/h de CO₂**

H₂O : la procedente de la descomposición de la alúmina hidratada (13,33 Kg/h) y la procedente de la humedad que llevaba la caliza (70,26 Kg/h) en total: **83,59 Kg/h de H₂O**

La composición porcentual de estos gases será por tanto:

$$\% \text{ de CO}_2 = \frac{556,48}{556,48 + 83,59} \cdot 100 = \mathbf{86,94 \% \text{ de CO}_2}$$

$$\% \text{ de H}_2\text{O} = \frac{83,59}{556,48 + 83,59} \cdot 100 = \mathbf{13,06 \% \text{ de H}_2\text{O}}$$

PREGUNTAS (4 puntos). Debe elegir contestar a 4 de las 5 propuestas)

Pregunta 1)

Demuestre si existe o no un elemento que posea los números cuánticos de su electrón diferenciador que se indican. En caso afirmativo represente su configuración electrónica, de que elemento se trata, a que grupo y periodo pertenece y diga también si el elemento es paramagnético o diamagnético.

a) $n = 2; l = 2; m = -2$ y $s = -1/2$

b) $n = 4; l = 2; m = 0$ y $s = +1/2$

RESOLUCIÓN

a) $n = 2; l = 2; m = -2$ y $s = -1/2$ NO EXISTE ningún electrón que tenga esos números cuánticos ya que los valores del n^o cuántico secundario "l" van desde 0 hasta (n - 1), por lo que si n = 2, los posibles valores de "l" serán 0 y 1, pero nunca 2

b) $n = 4; l = 2; m = 0$ y $s = +1/2$ Corresponde al electrón **4d³** (n = 4; l = 2 => d), y dado que los valores de "m" y "s", ordenados, son: (- 2, + 1/2), (-1, + 1/2), (0, + 1/2), (+1, + 1/2), (+ 2, + 1/2), (- 2, - 1/2), (-1, - 1/2), (0, - 1/2), (+1, - 1/2), (+ 2, - 1/2), así pues, se trata del 3^o electrón.

Su configuración electrónica total es: **1s² 2s² 2p⁶ 3s² 3p⁶ 4s² 3d¹⁰ 4p⁶ 5s² 4d³**, tiene TRES electrones desapareados por lo que será paramagnético.

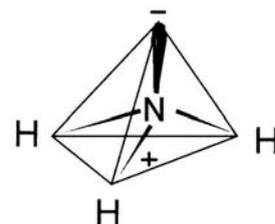
Se encuentra en el **5^o periodo** (el n^o cuántico principal más alto es el 5) y en la 3^a columna de las "d" (**grupo 5 ó 5b**): Se trata del NIOBIO

Pregunta 2)

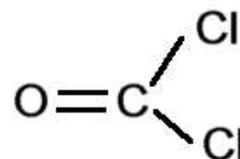
De acuerdo con la Teoría de Hibridación de orbitales atómicos. Representar las estructuras y ángulos de enlace teóricos para las siguientes moléculas: a) Amoníaco b) Fosgeno (Cl₂CO) c) Tetracloruro de etileno (Cl₄C₂)

RESOLUCIÓN

a) **AMONÍACO**: El Nitrógeno sufre una hibridación sp³ con uno de los cuatro orbitales híbridos conteniendo un par de electrones, mientras que con los otros tres orbitales híbridos, que contienen un solo electrón cada uno, forma enlaces tipo σ con los tres H. Su estructura, por tanto es la de un tetraedro, aunque sus ángulos de enlace son algo menores que los correspondientes al tetraedro regular (109,5°) debido a que la repulsión del par de electrones solitario ejerce una repulsión mayor sobre los pares de electrones enlazantes que estos entre sí. El ángulo de enlace medido experimentalmente es de 107°.



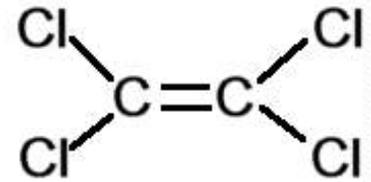
b) **Fosgeno (Cl₂CO)** : En este caso el C también sufre una hibridación, pero del tipo sp², quedándole un orbital atómico sin hibridar. El carbono formará enlaces tipo σ con los dos átomos de Cloro con dos de sus orbitales híbridos, mientras que el tercero formará un enlace tipo σ con el oxígeno y el orbital atómico que no se ha hibridado,



formará un enlace tipo Π con el oxígeno. Por tanto, el Carbono tendrá enlaces simples con los dos átomos de Cloro y un enlace doble con el átomo de Oxígeno. Son, por tanto, tres enlaces lo cual da lugar a una estructura plana, con los enlaces dirigidos a los vértices de un triángulo equilátero (120°)

c) Tetracloruro de etileno (Cl_4C_2) Se trata de un caso semejante al anterior, ya que en este caso los dos átomos de Carbono sufre una hibridación, pero del tipo sp^2 , quedándole un orbital atómico sin hibridar.

Cada carbono formará enlaces tipo σ con los dos átomos de Hidrógeno por medio de sus orbitales híbridos, mientras que el tercero formará un enlace tipo σ con el otro átomo de Carbono y el orbital atómico que no se ha hibridado, formará un enlace tipo Π con el otro Carbono. Por tanto, el Carbono tendrá enlaces simples con sus dos átomos de Hidrógeno y un enlace doble con el otro átomo de Carbono. Son, por tanto, tres enlaces en cada carbono, lo cual da lugar a una estructura plana, con los enlaces dirigidos a los vértices de un triángulo equilátero (120°)



Pregunta 3)

¿Qué ecuación relaciona las funciones termodinámicas: ΔG° ; ΔH° y ΔS° y la temperatura (T) que permite predecir si una reacción es o no espontánea?. Ponga un ejemplo característico.

RESOLUCIÓN

La ecuación fundamental de la termodinámica: $\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T \cdot \Delta S^\circ$. La espontaneidad de la reacción se produce cuando $\Delta G^\circ < 0$, lo cual está favorecido cuando una reacción es exotérmica ($\Delta H^\circ < 0$) y tiene $\Delta S^\circ > 0$, o bien cuando la combinación de los valores de éstas con T nos dé un valor para $\Delta G^\circ < 0$,

Pregunta 4)

Calcular el pH de una disolución acuosa de un ácido débil HA, cuyo grado de disociación $\alpha = 10^{-2}$.
Dato: $K_a = 10^{-5}$.

RESOLUCIÓN

Dado que desconocemos la concentración inicial, vamos a llamarle "c", de esta manera el equilibrio de disociación de este ácido débil es:

	HA	\rightleftharpoons	$A^- +$	H_3O^+
Inicial	C		---	---
En el equilibrio	$C - C \cdot 10^{-2}$		$C \cdot 10^{-2}$	$C \cdot 10^{-2}$

donde al ser el grado de disociación $\alpha = 10^{-2}$, la cantidad de ácido que se disocia es $x = C \cdot \alpha = C \cdot 10^{-2}$, por lo que se formará esta cantidad de iones A^- y de hidrogeniones H_3O^+ , mientras que nos quedarán sin disociar la cantidad que había inicialmente (C) menos la disociada ($C - C \cdot \alpha$) = $(C - C \cdot 10^{-2}) = C \cdot (1 - 10^{-2})$.

Con estos datos y, teniendo en cuenta la expresión de la constante de disociación:

$$K_a = \frac{[A^-] \cdot [H_3O^+]}{[HA]}; 10^{-5} = \frac{C \cdot 10^{-2} \cdot C \cdot 10^{-2}}{C(1 - 10^{-2})}, \text{ de donde: } 10^{-5} = \frac{10^{-2} \cdot C \cdot 10^{-2}}{1 - 10^{-2}}; 10^{-5} = \frac{C \cdot 10^{-4}}{1 - 10^{-2}};$$

$$10^{-5} - 10^{-7} = c \cdot 10^{-4}; \text{ de donde } C = 0,099, \text{ por lo que: } [H_3O^+] = 0,099 \cdot 10^{-2} = 9,9 \cdot 10^{-4}$$

y así: $\text{pH} = -\lg [H_3O^+]$; $\text{pH} = -\lg 9,9 \cdot 10^{-4}$; **pH = 3**

Pregunta 5)

Un arrabio contiene las siguientes impurezas: 4% de C; 2% de Si y 1% de Mn. Describa brevemente los procesos empleados para la eliminación de las citadas impurezas como paso previo a la obtención de un acero.

Temas (2,5 puntos). Debe contestar únicamente uno de los siguientes temas

- 1) Factores que influyen en la velocidad de una reacción. Ecuación de Arrhenius**
- 2) Prevención y control de la corrosión metálica**