

OPCIÓN A

CUESTION 2.- Dados los siguientes compuestos NaF, CH₄ y CH₃OH:

- Indica el tipo de enlace.
- Ordena de mayor a menor según su punto de ebullición. Razona la respuesta.
- Justifica la solubilidad o no en agua.

Solución:

a) En el compuesto NaF, formado por un metal y un halógeno, con mucha diferencia de electronegatividad entre ellos, los átomos se transforman en iones por una cesión-captación de electrones, y la fuerza de atracción electrostática entre las especies iónicas formadas, enlace iónico, es la que mantiene unidos los iones en la red cristalina del compuesto.

El compuesto CH₄, formado por dos no metales, un átomo de carbono y cuatro átomos de hidrógeno, se unen compartiendo el carbono un par de electrones con cada uno de los átomos de hidrógeno, para así adquirir, ambos, configuración electrónica estable de gas noble. Este enlace por compartición de electrones es un enlace covalente.

En el compuesto CH₃OH, el átomo de carbono se une, al igual que en el caso anterior, a tres átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno, compartiendo con cada uno de ellos un par de electrones y conseguir, todos los átomos, configuración de gas noble. También el cuarto átomo de hidrógeno se une covalentemente al átomo de oxígeno, muy electronegativo y de pequeño radio, por lo que dicho enlace se encuentra muy polarizado.

b) En el metano, gas, sus moléculas se unen entre sí mediante débiles fuerzas de Van der Waals, por lo que, su punto de ebullición es extremadamente bajo.

En el metanol, líquido, debido a la polarización del enlace O – H, sus moléculas se unen unas a otras mediante un enlace por puente de hidrógeno, necesitándose aplicar más energía para pasarlas al estado gaseoso.

El fluoruro sódico, sólido, es un compuesto iónico en el que las intensas fuerzas atractivas entre sus iones, proporciona una gran estabilidad térmica al cristal, siendo muy elevado su punto de ebullición.

Luego, el orden de mayor a menor punto de ebullición es: NaF > CH₃OH > CH₄.

c) El metano, sustancia covalente apolar, es totalmente insoluble en agua.

En el metanol, con el enlace O – H muy polarizado, interaccionan sus moléculas con las del agua, también muy polarizadas, produciéndose la disolución del metanol.

En el compuesto fluoruro sódico, los iones del cristal interaccionan con los dipolos del agua rompiéndose la red cristalina, pasando los iones a la disolución hidratados, es decir, se rodean de moléculas de agua.

CUESTIÓN 3.- En un vaso de agua se pone cierta cantidad de una sal poco soluble, de fórmula general AB₃, y no se disuelve completamente. El producto de solubilidad de la sal es K_{ps}:

- Deduce la expresión que relaciona la concentración molar de A³⁺, con el producto de solubilidad de la sal.
- Si se añade una cantidad de sal muy soluble CB₂. Indica, razonadamente, la variación que se produce en la solubilidad de la sal AB₃.
- Si B es el ión OH⁻, ¿cómo influye la disminución del pH en la solubilidad del compuesto?

Solución:

a) Al no disolverse el compuesto completamente, se establece el equilibrio de ionización: $AB_3 \rightleftharpoons A^{3+} + 3 B^-$, de donde se deduce que, si la solubilidad de la sal en disolución es S moles · L⁻¹, la solubilidad de los iones A³⁺ es S, y la de los iones B⁻ es 3 · S.

Como en los equilibrios heterogéneos se considera constante la concentración molar del sólido, la constante del producto de solubilidad es:

$$K_{ps} = [A^{3+}] \cdot [B^-]^3 = S \cdot (3 \cdot S)^3 = 27 \cdot S^4.$$

b) Al añadir al equilibrio de solubilidad de la sustancia cierta cantidad de sal muy soluble CB₂, la concentración de los iones B⁻ en la nueva disolución que se forma es la suma de la procedente de la solubilidad del AB₃ más la añadida, y como la concentración del ión B⁻ procedente de la solubilidad del

compuesto poco soluble es muchísimo inferior a la que se obtiene de la añadida, el equilibrio se desplazará hacia la izquierda, es decir, hacia la formación de producto insoluble.

De lo expuesto se deduce que el producto poco soluble, AB_3 , disminuye su solubilidad al añadir cantidades de otra sal soluble con un ión común, CB_2 .

c) La disminución del pH de la disolución significa que disminuye la concentración de iones OH^- por la adición, a la disolución, de un ácido, pues los protones añadidos se combinan con los iones hidróxidos, procedentes de la ionización de la sal poco soluble, para formar agua. Ello provoca que, al disminuir la concentración de iones hidróxidos el equilibrio, para mantener constante el producto de solubilidad, se desplace hacia la derecha para contrarrestar el efecto producido, es decir, se incrementa la solubilidad del hidróxido.

PROBLEMA 5.- El dióxido de manganeso reacciona en medio hidróxido potásico con clorato de potasio para dar permanganato de potasio, cloruro de potasio y agua.

a) Ajusta la ecuación molecular por el método del ión-electrón.

b) Calcula la riqueza en dióxido de manganeso de una muestra si 1 g de la misma reacciona exactamente con 0,35 g de clorato de potasio.

DATOS: $A_r(O) = 16 \text{ u}$; $A_r(Cl) = 35,5 \text{ u}$; $A_r(K) = 39 \text{ u}$; $A_r(Mn) = 55 \text{ u}$.

Solución:

a) Semirreacción de oxidación: $MnO_2 + 4 OH^- - 3 e^- \rightarrow MnO_4^- + 2 H_2O$

Semirreacción de reducción: $ClO_3^- + 3 H_2O + 6 e^- \rightarrow Cl^- + 6 OH^-$

Multiplicando la semirreacción de oxidación por 2 para igualar los electrones, y sumándolas para eliminarlos, se tiene la reacción iónica ajustada:

$2 MnO_2 + 8 OH^- - 6 e^- \rightarrow 2 MnO_4^- + 4 H_2O$

$ClO_3^- + 3 H_2O + 6 e^- \rightarrow Cl^- + 6 OH^-$

$2 MnO_2 + ClO_3^- + 2 OH^- \rightarrow 2 MnO_4^- + Cl^- + H_2O$, y llevando estos coeficientes a la reacción molecular, ésta queda ajustada:

$2 MnO_2 + KClO_3 + 2 KOH \rightarrow 2 KMnO_4 + KCl + H_2O$.

b) La estequiometría de la reacción indica que 1 mol de clorato de potasio reacciona con dos moles de dióxido de manganeso, luego, pasando la masa de clorato a moles, el doble de éstos son los moles de dióxido que hay en la muestra, que pasados a gramos y multiplicando por 100 el cociente entre la masa de dióxido y la de la muestra, se obtiene la riqueza de ésta.

Moles de clorato de potasio: $0,35 \text{ g } KClO_3 \cdot \frac{1 \text{ mol } KClO_3}{122,5 \text{ g } KClO_3} = 0,00286 \text{ moles}$, siendo el doble de

estos, 0,00572 moles de MnO_2 los que hay en la muestra.

La masa de dióxido de manganeso es: $0,00572 \text{ moles } MnO_2 \cdot \frac{87 \text{ g } MnO_2}{1 \text{ mol } MnO_2} = 0,498 \text{ g}$, por lo que

la riqueza en dióxido de la muestra es $\frac{0,498}{1} \cdot 100 = 49,8 \%$.

Resultado: b) 49,8 %.

OPCIÓN B

CUESTIÓN 2.- Se disponen de tres recipientes que contienen en estado gaseoso 1 L de metano, 2 L de nitrógeno y 1,5 L de ozono, respectivamente, en las mismas condiciones de presión y temperatura. Justifica:

a) ¿Cuál contiene mayor número de moléculas?

b) ¿Cuál contiene mayor número de átomos?

c) ¿Cuál tiene mayor densidad?

Solución:

a) Suponiendo condiciones normales, los moles correspondientes a cada especie son:

$$\text{CH}_4: 1 \text{ L} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{22,4 \text{ L}} = 0,0446 \text{ moles}; \quad \text{N}_2: 2 \text{ L} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{22,4 \text{ L}} = 0,0892 \text{ moles}; \quad \text{O}_3: 1,5 \text{ L} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{22,4 \text{ L}} = 0,067 \text{ moles}.$$

En un mol de cualquier sustancia hay siempre el número de Avogadro de moléculas, $6,023 \cdot 10^{23}$, correspondiendo a cada gas el siguiente número de moléculas:

$$\text{CH}_4: 0,0446 \text{ moles} \cdot \frac{6,023 \cdot 10^{23} \text{ moléculas}}{1 \text{ mol}} = 2,69 \cdot 10^{22} \text{ moléculas};$$

$$\text{N}_2: 0,0892 \text{ moles} \cdot \frac{6,023 \cdot 10^{23} \text{ moléculas}}{1 \text{ mol}} = 5,37 \cdot 10^{22} \text{ moléculas};$$

$$\text{O}_3: 0,067 \text{ moles} \cdot \frac{6,023 \cdot 10^{23} \text{ moléculas}}{1 \text{ mol}} = 4,04 \cdot 10^{22} \text{ moléculas};$$

De los valores obtenidos se desprende que es el N_2 el que tiene un mayor número de moléculas.

b) Al estar formada una molécula por un número determinado de átomos, conociéndose el número de moléculas de cada sustancia, se determina el número de átomos de cada una de ellas, multiplicándolos entre sí, es decir, multiplicando el número de moléculas por el de átomos de cada especie.

$$\text{Átomos en CH}_4: 2,69 \cdot 10^{22} \text{ moléculas} \cdot \frac{5 \text{ átomos}}{1 \text{ molécula}} = 1,345 \cdot 10^{23} \text{ átomos}.$$

$$\text{Átomos en N}_2: 5,37 \cdot 10^{22} \text{ moléculas} \cdot \frac{2 \text{ átomos}}{1 \text{ molécula}} = 1,074 \cdot 10^{23} \text{ átomos}.$$

$$\text{Átomos en O}_3: 4,04 \cdot 10^{22} \text{ moléculas} \cdot \frac{3 \text{ átomos}}{1 \text{ molécula}} = 1,212 \cdot 10^{23} \text{ átomos}.$$

Se observa que es el metano quien posee un mayor número de átomos.

c) La densidad se obtiene dividiendo la masa de cada sustancia entre su volumen, por lo que hay que calcular la masa de cada especie para obtenerla.

$$\text{Masa de CH}_4: 0,0446 \text{ moles} \cdot \frac{16 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = 0,7136 \text{ g}.$$

$$\text{Masa de N}_2: 0,0892 \text{ moles} \cdot \frac{28 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = 2,498 \text{ g}.$$

$$\text{Masa de O}_3: 0,067 \text{ moles} \cdot \frac{48 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = 3,216 \text{ g}.$$

$$\text{La densidad de cada sustancia es: CH}_4: \frac{0,7136 \text{ g}}{1 \text{ L}} = 0,7136 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1};$$

$$\text{N}_2: \frac{2,498 \text{ g}}{2 \text{ L}} = 1,249 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}; \quad \text{O}_3: \frac{3,216 \text{ g}}{1,5 \text{ L}} = 2,144 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}.$$

Es el ozono el de mayor densidad.

CUESTIÓN 3.- Indica razonadamente la veracidad o falsedad de las siguientes afirmaciones:

- Un electrón situado en un orbital 2p podría representarse por los siguientes números cuánticos $(2, 1, 0, \frac{1}{2})$.
- Un elemento químico que presenta propiedades químicas semejantes al carbono tiene de configuración electrónica de su capa de valencia $ns^2 np^2$.
- Si un elemento químico que pertenece al grupo 2 pierde 2 electrones adquiere una configuración electrónica en su capa de valencia correspondiente al grupo 18.

Solución:

a) Verdadera. Cuando el número cuántico principal n vale 2, el secundario, orbital o del momento angular l , puede tomar los valores $l = 0$, orbital 2s, o $l = 1$, orbital 2p, y el número cuántico magnético m_l , puede tomar los valores $-1, 0, +1$ (relacionados con la orientación especial de los orbitales

2p en el espacio). El valor $\frac{1}{2}$ corresponde al número cuántico de espín m_s (relacionado con el giro del electrón respecto alrededor de su eje). Por coincidir los valores propuestos con los expuestos, la afirmación es correcta.

b) Verdadera. En la tabla periódica, los elementos pertenecientes a un mismo grupo se caracterizan por poseer propiedades químicas semejantes, debido a que todos ellos poseen la misma configuración electrónica en su capa de valencia. Luego, si el elemento químico al que se refiere el apartado tiene propiedades químicas semejantes al carbono, ello pone de manifiesto que pertenece al mismo grupo y, por tanto, presenta la misma configuración electrónica, $ns^2 np^2$, en su capa de valencia.

c) Verdadera. Un elemento del grupo 2 de la tabla periódica es un alcalinotérreo, y se caracteriza por poseer una configuración electrónica ns^2 en su capa de valencia. Luego, si un átomo de este elemento pierde los electrones de su capa de valencia, queda con la configuración electrónica $(n-1)s^2 (n-1)p^6$, que es la que corresponde al gas noble del período anterior, y los gases nobles se sitúan en el grupo 18 de la tabla periódica.

PROBLEMA 5.- En una vasija de 10 L mantenida a 270 °C y previamente evacuada se introducen 2,5 moles de pentacloruro de fósforo, PCl_5 , y se cierra herméticamente. La presión en el interior comienza entonces a elevarse debido a la disociación térmica según el equilibrio siguiente:

$PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$. Cuando se alcanza el equilibrio la presión es de 15,6 atm.

a) Calcula el número de moles de cada especie en el equilibrio.

b) Obtén los valores de K_c y K_p .

DATO: $R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

Solución:

a) Llamando “x” a los moles de PCl_5 que se descomponen, los moles iniciales y en el equilibrio de las distintas especies son:

	$PCl_5(g)$	$\rightleftharpoons$	$PCl_3(g)$	+	$Cl_2(g)$
Moles iniciales:	2,5		0		0
Moles en el equilibrio:	$2,5 - x$		x		x

Los moles totales en el equilibrio son: $n_t = 2,5 - x + x + x = 2,5 + x$, y de la ecuación de estado de los gases ideales se determina “x”:

$$x = \frac{P \cdot V}{R \cdot T} - 2,5 = \frac{15,6 \text{ atm} \cdot 10 \text{ L}}{0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 543 \text{ K}} - 2,5 = 3,5 - 2,5 = 1,0 \text{ moles; luego, los moles de cada especie en el equilibrio son: } PCl_5 = 2,5 - 1,0 = 1,5 \text{ moles; } PCl_3 = Cl_2 = 1,0 \text{ moles.}$$

b) Dividiendo los moles de cada especie entre el volumen del reactor, se obtiene la concentración de cada especie en el equilibrio, que llevadas a la constante de equilibrio K_c y operando, se halla su valor.

La concentración de cada especie es: $[PCl_5] = \frac{1,5 \text{ moles}}{10 \text{ L}} = 0,15 \text{ M}$; $[PCl_3] = [Cl_2] = \frac{1 \text{ mol}}{10 \text{ L}} = 0,1 \text{ M}$.

$$K_c = \frac{[PCl_3] \cdot [Cl_2]}{[PCl_5]} = \frac{0,1^2 \text{ M}^2}{0,15 \text{ M}} = 0,067 \text{ M.}$$

De la relación entre K_c y K_p , se obtiene el valor de K_p , aunque también puede obtenerse determinando la presión parcial de cada gas en el equilibrio, y llevando sus valores a su expresión.

$K_p = K_c \cdot (R \cdot T)^{\Delta n}$, donde Δn es la diferencia entre la suma de moles de los productos de reacción y la suma de moles de los reactivos, en este caso $\Delta n = 2 - 1 = 1$, luego,

$$K_p = 0,067 \text{ moles} \cdot \text{L}^{-1} \cdot (0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 543) = 2,98 \text{ atm.}$$

Resultado: a) $PCl_5 = 1,5$ moles; $PCl_3 = Cl_2 = 1,0$ moles; b) $K_c = 0,067$; $K_p = 2,98$.