

OPCIÓN A

PROBLEMA 1.- Cuando se hace reaccionar plata con ácido nítrico los productos obtenidos son nitrato de plata, monóxido de nitrógeno y agua.

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

b) ¿Qué volumen del gas monóxido de nitrógeno, medido a 20 °C y 750 mm Hg, se formará por reacción de 26,95 g de plata con un exceso de ácido nítrico?

DATOS: $A_r(\text{Ag}) = 107,8 \text{ u}$; $R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

Solución:

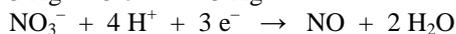
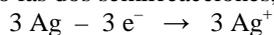
a) La ecuación correspondiente a la reacción es: $\text{Ag} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{AgNO}_3 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$.

Las semirreacciones de oxidación-reducción que tienen lugar son:

Semirreacción de oxidación: $\text{Ag} - 1 \text{ e}^- \rightarrow \text{Ag}^+$;

Semirreacción de reducción: $\text{NO}_3^- + 4 \text{ H}^+ + 3 \text{ e}^- \rightarrow \text{NO} + 2 \text{ H}_2\text{O}$.

Multiplicando la semirreacción de oxidación por 3 para igualar los electrones intercambiados y sumando las dos semirreacciones, se obtiene la ecuación iónica ajustada:



$$3 \text{ Ag} + \text{NO}_3^- + 4 \text{ H}^+ \rightarrow 3 \text{ Ag}^+ + \text{NO} + 2 \text{ H}_2\text{O}$$
, y llevando los coeficientes que aparecen en la ecuación iónica a la molecular, teniendo presente que los 4 H^+ corresponden al ácido nítrico, se obtiene la ecuación molecular ajustada. $3 \text{ Ag} + 4 \text{ HNO}_3 \rightarrow 3 \text{ AgNO}_3 + \text{NO} + 2 \text{ H}_2\text{O}$.

b) Aplicando a la masa de plata los correspondientes factores de conversión y la relación molar Ag-NO, se obtienen los moles de NO formados, que llevados después a la ecuación de estado de los gases ideales, se obtiene el volumen que ocupan en las condiciones pedidas.

$$26,95 \text{ g Ag} \cdot \frac{1 \text{ mol átomos Ag}}{107,8 \text{ g Ag}} \cdot \frac{1 \text{ mol NO}}{3 \text{ moles átomos Ag}} = 0,083 \text{ moles de NO, que ocupan el volumen:}$$

$$V = \frac{n \cdot R \cdot T}{P} = \frac{0,083 \text{ moles} \cdot 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 293 \text{ K}}{750 \text{ mm Hg} \cdot \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ mm Hg}}} = 2,02 \text{ L.}$$

Resultado: b) V = 2,02 L.

CUESTIÓN 1.- Dadas las moléculas CH_4 , NH_3 , Cl_2 y CO_2 , responde razonadamente a las siguientes cuestiones:

a) Clasifica estas moléculas como polares o apolares.

b) ¿Qué compuesto forma una molécula tetraédrica?

Solución:

a) Para determinar la polaridad o no polaridad de una molécula se necesita conocer su geometría, pues el momento dipolar de la molécula depende, en muchas ocasiones, de la geometría molecular.

El átomo central de las moléculas CH_4 , NH_3 , CO_2 y Cl_2 , son el carbono, el nitrógeno y el cloro, siendo las configuraciones electrónicas de sus capas de valencia: C: $2s^2 2p^2$; N: $2s^2 2p^3$; Cl: $3s^2 3p^5$. De ellas se deduce que el carbono promociona un electrón del orbital 2s al orbital vacío 2p, adquiriendo la configuración electrónica $2s^1 2p^3$, por lo que su covalencia es 4 (4 electrones desapareados), y por combinación lineal de los 4 orbitales atómicos forman 4 orbitales híbridos sp^3 , que se solapan con los orbitales atómicos 1s de los 4 átomos de hidrógeno para formar la molécula CH_4 . El átomo de nitrógeno presenta covalencia 3 (3 electrones desapareados), y por combinación lineal de los 4 orbitales atómicos forman 4 orbitales híbridos sp^3 , utilizando 3 para unirse a 3 átomos de hidrógeno y formar la molécula NH_3 , quedándole un par de electrones libres en el orbital híbrido que le queda. En la molécula CO_2 , el átomo de carbono utiliza 2 de los 4 orbitales atómicos, cada uno con un electrón desapareado, para unirse mediante un enlace simple a 2 átomos de oxígeno, y los otros 2 para formar un enlace doble con cada uno de los átomos de oxígeno. El átomo de cloro posee un solo electrón en su capa de valencia uniéndose a otro, compartiendo el par de electrones que cada uno aporta, para formar la molécula Cl_2 .

Luego, como al carbono en su molécula CH_4 , sólo lo rodean pares de electrones compartidos, el método RPENV asigna a esta molécula una geometría tetraédrica regular, siendo el momento dipolar resultante de la suma de los momentos dipolares de los enlaces cero, por lo que la molécula es apolar.

Para el NH_3 , el método anterior asigna una geometría piramidal trigonal con el par de electrones en el vértice superior de la molécula, siendo el momento dipolar resultante distinto de cero, por lo que la molécula es polar.

La molécula de CO_2 , según el método anterior, es lineal, y esta geometría hace que el momento dipolar resultante sea cero por oponerse un momento dipolar de enlace al otro. Luego, la molécula es apolar.

En la molécula Cl_2 , al ser los átomos iguales y, por ello, de la misma electronegatividad, el par de electrones se encuentra en el centro de la distancia interatómica, por lo que la molécula es apolar.

b) Como ya se expuso en el apartado anterior, sólo la molécula CH_4 es la que presenta geometría tetraédrica, pues los cuatro pares de electrones compartidos que rodean al átomo central, se orientan en el espacio para conseguir la menor interacción electrostática entre ellos, dirigiéndose cada par hacia los vértices de un tetraedro regular, uniéndose en ellos los átomos de hidrógeno.

CUESTIÓN 2.- Las concentraciones de iones hidroxilos de dos disoluciones A y B son 10^{-4} M y 10^{-12} M, respectivamente. Indica razonadamente cuál de ellas corresponde a un ácido fuerte y cuál de ellas a una sal de ácido débil y base fuerte.

Solución:

Los iones hidroxilos, H_3O^+ , no es más que un protón hidratado, y aparece como consecuencia de la ionización de un ácido, o por la hidrólisis del anión de una sal de base fuerte y ácido débil.

Si las dos disoluciones corresponden a un ácido fuerte una, y a la sal de ácido débil y base fuerte otra, es obvio que la disolución cuya concentración de iones hidroxilos es 10^{-4} es la que corresponde a un ácido fuerte, por ser ácida, es decir, poseer un pH menor de 7.

La disolución de concentración de iones hidroxilos 10^{-12} es la que corresponde a la sal de ácido débil y base fuerte, pues de los iones que produce la ionización de la sal, sólo el anión es el que sufre hidrólisis, y al incrementarse la concentración de iones hidróxidos, OH^- , disminuye la de iones hidroxilos y la disolución adquiere un carácter básico, es decir, posee un pH superior a 7.

OPCIÓN B

PROBLEMA 1.- Una muestra de 0,15 g de hidróxido sódico impuro ha necesitado para su neutralización 20 mL de ácido clorhídrico 0,15 M.

a) ¿Cuántos moles de ácido clorhídrico se han utilizado?

b) ¿Cuántos moles de hidróxido sódico se neutralizan?

c) ¿Cuál es el porcentaje de pureza de la muestra de hidróxido sódico?

DATOS: $A_r(\text{Na}) = 23$ u; $A_r(\text{H}) = 1$ u; $A_r(\text{O}) = 16$ u.

Solución:

a) Los moles de HCl consumidos en la valoración son:

$$n(\text{HCl}) = M \cdot V = 0,15 \text{ moles} \cdot \text{L}^{-1} \cdot 0,020 \text{ L} = 0,003 \text{ moles.}$$

b) La ecuación química de la reacción de neutralización es: $\text{NaOH} + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$, de la que se deduce que la relación molar en la que el NaOH y HCl reaccionan es 1 a 1, es decir, un mol de Na OH reacciona con un mol de HCl, por lo que, si se han consumido 0,003 moles de HCl, esos son también los moles de NaOH en la muestra.

c) Se pasan los moles de NaOH a gramos y de ellos se determina el porcentaje de pureza de la muestra. Los gramos de NaOH son: $0,003 \text{ moles NaOH} \cdot \frac{40 \text{ g NaOH}}{1 \text{ mol NaOH}} = 0,12 \text{ g de NaOH}$, y el porcentaje

$$\text{de pureza de la muestra es: } \alpha = \frac{0,12 \text{ g NaOH}}{0,15 \text{ g muestra}} \cdot 100 = 80 \% \text{ de pureza.}$$

Resultado: a) 0,003 moles HCl; b) 0,003 moles NaOH; c) 80 % de pureza.

CUESTIÓN 2.- La reacción $A + B \rightarrow$ productos, es de segundo orden respecto a A. Razona qué ecuación de velocidad de entre las siguientes no puede ser correcta.

- a) $v = k \cdot [A]^2$
b) $v = k \cdot [A] \cdot [B]$.
c) $v = k \cdot [A]^2 \cdot [B]$.

Solución:

El orden de una reacción respecto de uno de sus reactivos, es el exponente al que aparece elevada la concentración del reactivo en la ecuación de la velocidad de reacción.

Luego, si la reacción es de segundo orden respecto del reactivo A, ello indica que la concentración de A en la ecuación de velocidad se encuentra elevada al cuadrado. Luego, la ecuación b), $v = k \cdot [A] \cdot [B]$, no puede ser correcta por no llevar elevada al cuadrado la concentración de A.

CUESTIÓN 3.- Tres electrones de la capa de valencia de tres elementos químicos poseen las siguientes combinaciones de números cuánticos: A $(4, 0, 0, -\frac{1}{2})$; B $(2, 1, 0, -\frac{1}{2})$; C $(4, 1, 0, \frac{1}{2})$.

Explica qué elementos pertenecen al mismo período.

Solución:

Los elementos que pertenecen al mismo período se caracterizan, por poseer el mismo número cuántico principal n en su capa de valencia. Luego, un análisis de los números cuánticos de la capa de valencia de los tres electrones, ponen de manifiesto, que las combinaciones A y C pertenecen a átomos de elementos que se ubican en el mismo período, pues su número cuántico principal de la capa de valencia es $n = 4$.