

BLOQUE 2.- a) Representa y nombra la forma geométrica del CH₄ y NH₃.

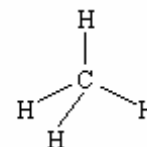
b) Indica el valor aproximado del ángulo de enlace en el CH₄ y explica por qué el ángulo de enlace en el NH₃ es menor que en el CH₄.

c) Identifica el tipo de fuerza intermolecular más importante en cada sustancia en estado líquido.

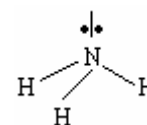
DATOS: Z (H) = 1; Z (C) = 6; Z (N) = 7.

Solución:

a) En ambos compuestos, el átomo central de la molécula emplea en sus uniones con los átomos de hidrógeno orbitales híbridos sp³, dependiendo su geometría molecular de la covalencia de cada uno de los átomos (número de electrones desapareados para formar enlace covalente), 4 para el carbono y 3 para el nitrógeno. Por esta razón, al no presentar el átomo de carbono ningún par de electrones libres, los orbitales se orientan en el espacio, desde el átomo de carbono, hacia los vértices de un tetraedro regular, siendo por ello la geometría de la molécula CH₄ tetraédrica.



El átomo de nitrógeno posee en el orbital superior del tetraedro un par de electrones libres, de no enlace, uniéndose los átomos de hidrógeno al nitrógeno en los tres vértices restantes del tetraedro, por lo que la geometría de la molécula NH₃ es piramidal trigonal.



b) En la molécula CH₄ con geometría tetraédrica regular, el ángulo de enlace HCH es de 109,5°, y en la molécula NH₃, debido a la distorsión que sobre la estructura tetraédrica produce el par de electrones de no enlace, el ángulo HNH es de unos 107,4°.

c) Entre las moléculas de CH₄, apolares, la fuerza intermolecular es del tipo de Van der Waals de dispersión muy débiles, mientras que entre las moléculas de NH₃, en las que los átomos de hidrógenos se unen a un átomo de pequeño radio y muy electronegativo como el nitrógeno, la fuerza intermolecular que aparece es el enlace de hidrógeno.

BLOQUE 3.- En un recipiente de 10 L a 25 °C se hallan en equilibrio 4,27 moles de N₂O₄ y 0,5 moles de NO₂, según la ecuación: N₂O₄ (g) ⇌ 2 NO₂ (g) ΔH = 57,7 kJ.

a) Calcula K_c y K_p a esa temperatura.

b) Calcula la concentración de NO₂ cuando se establezca el equilibrio si el volumen del recipiente se reduce a 5 L.

c) Indica que ocurre con el valor de K_c si se aumenta la temperatura y justifica, por tanto, hacia donde se desplazará el sistema.

DATOS: R = 0,082 atm · l · mol⁻¹ · K⁻¹.

Solución:

a) Las concentraciones de las distintas especies en el equilibrio son:

$$[N_2O_4] = \frac{4,27 \text{ moles}}{10 \text{ L}} = 0,427 \text{ M}; \quad [NO_2] = \frac{0,50 \text{ moles}}{10 \text{ L}} = 0,05 \text{ M}, \text{ que sustituidas en la}$$

constante de equilibrio K_c y operando:
$$K_c = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} = \frac{0,05^2 \text{ M}^2}{0,427 \text{ M}} = 5,85 \cdot 10^{-3} \text{ M}.$$

De la expresión que relaciona K_p y K_c: K_p = K_c · (R · T)^{Δn}, sabiendo que Δn (moles de productos de reacción menos moles de reactivos) vale 1, (2 - 1 = 1), el valor de K_p es:

$$K_p = 5,85 \cdot 10^{-3} \text{ moles} \cdot \text{L}^{-1} \cdot (0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 298 \text{ K})^1 = 0,143 \text{ atm}.$$

b) Si se reduce el volumen del recipiente hasta 5 L, el equilibrio se desplaza hacia el miembro en el que aparece un menor número de moles, hacia la izquierda, y llamando "x" los moles de NO₂ (g) que se disocian, los moles iniciales y en el equilibrio de los diferentes gases son:



y obteniendo las nuevas concentraciones en el equilibrio, llevándolas a la constante K_c y resolviendo la ecuación de segundo grado que resulta:

$$K_c = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} \Rightarrow 5,85 \cdot 10^{-3} = \frac{(0,5 - 2 \cdot x)^2}{\frac{5^2}{4,27 + x}} = \frac{(0,5 - 2 \cdot x)^2}{5 \cdot (4,27 + x)} \Rightarrow 4 \cdot x^2 - 1,971 \cdot x + 0,125 = 0,$$

cuyo valor para x es: $x = 0,075$ moles, siendo los moles de NO_2 en el equilibrio $0,5 - 0,15 = 0,35$, y su concentración: $[NO_2] = \frac{0,35 \text{ moles}}{5 \text{ L}} = 0,07 \text{ M}$.

c) Si se aumenta la temperatura, se suministra calor al sistema, la constante de equilibrio, K_c , modifica su valor por depender de la temperatura, y el sistema, para contrarrestar la alteración producida, absorbe el calor desplazando el equilibrio en el sentido endotérmico de la reacción, hacia la derecha.

Resultado: a) $K_c = 5,85 \cdot 10^{-3} \text{ M}$; $K_p = 0,143 \text{ atm}$; b) $[NO_2] = 0,07 \text{ M}$.

BLOQUE 4.- En la valoración del NH_3 contenido en 50 mL de un limpiador se gastaron 20 mL de H_2SO_4 0,1 M.

- Dibuja el montaje experimental para llevar a cabo esta volumetría, indicando en dicho dibujo los materiales y sustancias utilizadas.**
- En el laboratorio se dispone de fenolftaleína (intervalo de viraje 8,3 – 10) y anaranjado de metilo (intervalo de viraje 3,1 – 4,4). Propón cual es el indicador más adecuado para esta valoración y escribe las reacciones químicas que justifican la elección realizada.**
- Calcula la concentración molar de amoníaco en el producto de limpieza.**

Solución:

a) HAZ EL DIBUJO.

b) En el punto de equivalencia se forma la sal $(NH_4)_2SO_4$ totalmente ionizada, y el catión amonio NH_4^+ , ácido conjugado relativamente fuerte de la base débil NH_3 , se hidroliza y aporta a la disolución un carácter ácido al incrementar la concentración de iones oxonios, H_3O^+ , por lo que el indicador apropiado para esta valoración es el anaranjado de metilo, cuyo intervalo de viraje (3,1-4,4) contiene el pH del punto de equivalencia.

La ecuación de hidrólisis de catión amonio es: $NH_4^+ + H_2O \rightleftharpoons NH_3 + H_3O^+$

c) La reacción de neutralización es: $2 NH_3 + H_2SO_4 \rightarrow (NH_4)_2SO_4$, en la que 2 moles de NH_3 reaccionan con un mol de H_2SO_4 , siendo los moles de ácido consumidos:

$n(H_2SO_4) = M \cdot V = 0,1 \text{ moles} \cdot 0,020 \text{ L} = 0,002 \text{ moles}$, lo que indica que en el limpiador, según la estequiometría de la reacción de neutralización, 2 moles de NH_3 a 1 mol de H_2SO_4 , habrá 0,004 moles de NH_3 contenido en los 50 mL, corresponde al limpiador una concentración:

$$M = \frac{\text{moles}}{V} = \frac{0,004 \text{ moles}}{0,05 \text{ L}} = 0,08 \text{ M}.$$

Resultado: b) Anaranjado de metilo; c) $[NH_3] = 0,08 \text{ M}$.