

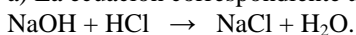
OPCIÓN A

PROBLEMA 2.- Se añaden 3 g de hidróxido de sodio a 400 mL de una disolución 0,15 M de ácido clorhídrico. Suponiendo que el volumen se mantiene constante, calcula, para la disolución resultante:

- Los moles de ácido o base en exceso.
- La concentración de iones hidroxilo.
- El pH.

Solución:

a) La ecuación correspondiente a la reacción de neutralización que se produce es:



Los moles de base añadidos a la disolución son $3 \text{ g NaOH} \cdot \frac{1 \text{ mol NaOH}}{36,5 \text{ g NaOH}} = 0,082$ moles.

Los moles de ácido en los 400 mL de disolución se determinan aplicando la definición de molaridad, $n(\text{HCl}) = M \cdot V = 0,15 \text{ moles L}^{-1} \cdot 0,4 \text{ L} = 0,06$ moles.

Por ser la estequiometría de la reacción de neutralización 1 a 1, se consumen los moles de ácido y sobran $0,082 - 0,06 = 0,022$ moles de base, que es la que se encuentra en exceso.

b) La base NaOH es muy fuerte y se encuentra totalmente ionizada en disolución, y por encontrarse los 0,022 moles disueltos en un volumen de 400 mL, su concentración es:

$$[\text{OH}^-] = \frac{\text{moles NaOH}}{\text{Volumen}} = \frac{0,022 \text{ moles}}{0,4 \text{ L}} = 0,055 = 5,5 \cdot 10^{-2} \text{ M}.$$

c) El pH de la disolución puede obtenerse calculando el pOH de la misma y luego restarlo de 14, o determinando la concentración de iones oxonio, H_3O^+ , y de ella su menos logaritmo.

$$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] = -\log 0,055 = 1,26 \text{ siendo el } \text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - 1,26 = 12,74.$$

$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{K_w}{[\text{OH}^-]} = \frac{10^{-14}}{5,5 \cdot 10^{-2}} = 1,8 \cdot 10^{-13}$, de donde, $\text{pH} = -\log 1,8 \cdot 10^{-13} = 13 - \log 1,8 = 13 - 0,26 = 12,74$.

Resultado: a) 0,022 moles NaOH; b) $[\text{OH}^-] = 0,055 \text{ M}$; c) $\text{pH} = 12,74$.

CUESTIÓN 1.- Sean los elementos A, B y C cuyos números atómicos son, respectivamente, 12, 15 y 17. Indica razonadamente:

- El orden de electronegatividades de los mismos.
- El tipo de enlace que presentan los compuestos A-C y B-C.
- El orden de los puntos de fusión de los anteriores compuestos.

Solución:

a) La electronegatividad es una propiedad periódica que crece al avanzar de izquierda a derecha en un período y disminuye al descender en un grupo. Luego, situando los elementos propuestos en la tabla periódica, puede establecerse su orden de electronegatividades.

La configuración electrónica de los átomos de los elementos propuestos es:

A (Z = 12): $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$; B (Z = 15): $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$; C (Z = 17): $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$.

Las configuraciones ponen de manifiesto que los elementos A, B y C se encuentran situados en el período 3º, grupos 2, 15 y 17, por lo que, según lo expuesto en el párrafo inicial, el orden creciente de electronegatividad es $A < B < C$.

b) El elemento A es un metal, mientras que los B y C son no metales, siendo fácil determinar que el enlace entre los elementos A y C es iónico, mientras que el de los elementos B y C es covalente.

c) Por encontrarse los iones de los elementos A y C en una red cristalina fuertemente unidos, su separación requiere un gran aporte de energía, es decir, su punto de fusión es elevado, mientras que en el compuesto formado por los elementos B y C, sus moléculas covalentes se unen una a otras por débiles

fuerzas de Van der Waals, no siendo necesario aplicar mucha energía para separarlas, siendo muy bajo su punto de fusión.

CUESTIÓN 2.- Sean las especies He, Li⁺ y Be²⁺. ¿Se necesitará la misma energía para arrancar un electrón a cada una de ellas? Justifica la respuesta.

Solución:

Las tres especies son isoelectrónicas, presentan la misma configuración electrónica, y como a mayor carga nuclear mayor fuerza atractiva sobre el electrón más externo, se comprende fácilmente que al ser catión berilio, situado en el 2º período grupo 2, el de mayor carga nuclear (más cantidad de protones en el núcleo), es el que necesita más cantidad de energía para quitarle un nuevo electrón. Se necesita algo menos de energía para arrancar un nuevo electrón del catión litio, y menos aún del átomo de helio.

OPCIÓN B

PROBLEMA 1.- En un recipiente de 3 L se introducen 8,4 g de monóxido de carbono y 5,4 g de agua. La mezcla se calienta a 600 K, estableciéndose el equilibrio $\text{CO (g)} + \text{H}_2\text{O (g)} \rightleftharpoons \text{CO}_2 \text{(g)} + \text{H}_2 \text{(g)}$, cuya K_c vale 23,2. Calcula para el equilibrio a 600 K:

a) La concentración de todas las especies en el equilibrio.

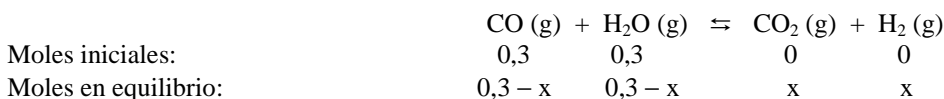
b) El grado de disociación del monóxido de carbono.

c) La presión total de la mezcla.

DATOS: $R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$; $A_r(\text{C}) = 12 \text{ u}$; $A_r(\text{H}) = 1 \text{ u}$; $A_r(\text{O}) = 16 \text{ u}$.

Solución:

a) Los moles de CO y H₂O que se introducen en el recipiente son $8,4 \text{ g CO} \cdot \frac{1 \text{ mol CO}}{28 \text{ g CO}} = 0,3$ y $5,4 \text{ g H}_2\text{O} \cdot \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{18 \text{ g H}_2\text{O}} = 0,3$ moles, y al transcurrir la reacción mol a mol, llamando x a los moles de CO y H₂O que reaccionan, los moles iniciales y en el equilibrio de las distintas especies son:



siendo los moles totales en el equilibrio: $n_t = 0,3 - x + 0,3 - x + x + x = 0,6$ moles.

Las fracciones molares de cada componente de la mezcla en equilibrio es:

$$\chi_{\text{CO}} = \chi_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{0,3 - x}{0,6}; \quad \chi_{\text{CO}_2} = \chi_{\text{H}_2} = \frac{x}{0,6}.$$

Siendo P_t la presión total de la mezcla en el equilibrio, la presión parcial de cada componente es:

$$P_{\text{CO}} = \chi_{\text{CO}} \cdot P_t = \frac{0,3 - x}{0,6} \cdot P_t \text{ atm}; \quad P_{\text{H}_2\text{O}} = \chi_{\text{H}_2\text{O}} \cdot P_t = \frac{0,3 - x}{0,6} \cdot P_t \text{ atm};$$

$$P_{\text{CO}_2} = \chi_{\text{CO}_2} \cdot P_t = \frac{x}{0,6} \cdot P_t \text{ atm}; \quad P_{\text{H}_2} = \chi_{\text{H}_2} \cdot P_t = \frac{x}{0,6} \cdot P_t \text{ atm}.$$

Al ser la suma de moles de reactivos igual a la de productos de reacción $\Delta n = 0$, y de la relación entre las constantes de equilibrio, $K_p = K_c \cdot (R \cdot T)^{\Delta n}$, se deduce que al ser $(R \cdot T)^0 = 1$, el valor de ambas constantes es el mismo, por lo que, llevando las presiones parciales a la constante de equilibrio K_p , operando y resolviendo la ecuación de segundo grado, sale para x el valor:

$$K_p = \frac{P_{\text{CO}_2} \cdot P_{\text{H}_2}}{P_{\text{CO}} \cdot P_{\text{H}_2\text{O}}} \Rightarrow 23,2 = \frac{\frac{x}{0,6} \cdot P_t \text{ atm} \cdot \frac{x}{0,6} \cdot P_t \text{ atm}}{\frac{0,3 - x}{0,6} \cdot P_t \text{ atm} \cdot \frac{0,3 - x}{0,6} \cdot P_t \text{ atm}} = \frac{x^2}{(0,3 - x) \cdot (0,3 - x)} \Rightarrow$$

$\Rightarrow 22,2 x^2 - 13,92 x + 2,09 = 0$, cuyas dos soluciones son: $x_1 = 0,38$ moles, imposible por ser superior a las cantidades de CO y H₂O que se han introducido al principio, y $x_2 = 0,25$ moles, que es la solución válida.

Como los moles de cada sustancia se encuentran ocupando un volumen de 3 L, la concentración de cada uno de ellos en el equilibrio es:

$$[\text{CO}] = [\text{H}_2\text{O}] = \frac{(0,3 - 0,25) \text{ moles}}{3 \text{ L}} = \frac{0,05}{3} = 0,017 \text{ M}; \quad [\text{CO}_2] = [\text{H}_2] = \frac{0,25 \text{ moles}}{3 \text{ L}} = 0,083 \text{ M}.$$

b) El grado de disociación se obtiene multiplicando por 100 el cociente entre los moles de CO introducidos y los disociados, es decir, $\alpha = \frac{0,25}{0,3} \cdot 100 = 83,3 \%$.

c) La presión total en el equilibrio se obtiene despejándola de la ecuación de estado de los gases ideales, sustituyendo las variables conocidas por sus valores y operando:

$$P \cdot V = n_t \cdot R \cdot T \Rightarrow P = \frac{n_t \cdot R \cdot T}{V} = \frac{0,6 \text{ moles} \cdot 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 600 \text{ K}}{3 \text{ L}} = 9,84 \text{ atm}.$$

Resultado: $[\text{CO}] = [\text{H}_2\text{O}] = 0,017 \text{ M}$; $[\text{CO}_2] = [\text{H}_2] = 0,083 \text{ M}$; b) $\alpha = 83,3 \%$; c) $P_t = 9,84 \text{ atm}$.

CUESTIÓN 1.- Indica, justificando brevemente la respuesta, si las siguientes afirmaciones son ciertas o falsas:

- El ión Ca^{2+} tiene configuración electrónica de gas noble.
- El radio del ión bromuro es mayor que el del átomo de bromo.
- La molécula de NH_3 es piramidal.
- La molécula de CH_4 es una molécula apolar.

Solución:

a) Verdadera. El calcio es un elemento alcalinotérreo situado en el 4º período grupo 2 de la tabla periódica. Sus átomos contienen 2 electrones en su capa de valencia, $4s^2$, y al perderlos, el ión Ca^{2+} queda con la configuración electrónica del gas noble anterior, el argón, Ar: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$.

b) Verdadera. El ión bromuro se forma al ganar el átomo de bromo un electrón, y por ser mayor el apantallamiento sobre el electrón más externo, la fuerza atractiva del núcleo sobre dicho electrón es menor y, en consecuencia, su radio es mayor que el del átomo neutro.

c) Verdadera. El átomo de nitrógeno emplea orbitales híbridos sp^3 en su combinación con los átomos de hidrógeno en la molécula NH_3 . Dichos orbitales se encuentran dirigidos en el espacio hacia los vértices de un tetraedro regular, y al unirse los átomos de hidrógeno a 3 de los vértices, la geometría que resulta para la molécula es la piramidal trigonal con un par de electrones no compartidos en el vértice superior.

d) En la molécula CH_4 ambos átomos son de electronegatividades casi iguales, por lo que, el enlace C – H se encuentra muy poco polarizado. Además, al ser su geometría molecular la tetraédrica regular, el momento dipolar resultante, suma vectorial de los momentos dipolares de los enlaces, es cero, siendo, por ello, la molécula apolar.

CUESTIÓN 2.- Justifica por qué una disolución de acetato de sodio tiene un $\text{pH} > 7$ y, sin embargo, una disolución de cloruro de amonio tiene un $\text{pH} < 7$.

Solución:

En la disolución de acetato de sodio, el anión acetato se hidroliza produciendo iones hidróxido según la ecuación: $\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH} + \text{OH}^-$, y al incrementarse su concentración de iones hidróxido, la de iones oxonio disminuye y, en consecuencia, el pH de la disolución se hace mayor que 7.

Por el contrario, en la disolución de cloruro de amonio, el catión amonio se hidroliza según la ecuación $\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}_3\text{O}^+$, produciendo iones oxonio, y al aumentar su concentración el pH de la disolución es inferior a 7.

Tanto los iones sodio como los iones cloruro, en sus respectivas disoluciones, quedan como espectadores.