

**Problema 1.-** Un mordiente es una sustancia que sirve para fijar los colores en los tejidos. El acetato de calcio se utiliza como mordiente y se prepara al reaccionar ácido acético con hidróxido de calcio según la siguiente ecuación química no ajustada:



a) ¿Qué volumen de disolución de  $\text{Ca(OH)}_2$  0,5 M se necesita para reaccionar completamente con 25 mL de una disolución de ácido acético de 58 % en masa y densidad  $1,065 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ ?

b) Si tras mezclar las dos disoluciones del apartado anterior se obtienen 17,9 g de acetato de calcio, calcula el rendimiento de la reacción, así como la masa de agua, en gramos, formada en la reacción.

DATOS:  $A_r(\text{H}) = 1 \text{ u}$ ;  $A_r(\text{C}) = 12 \text{ u}$ ;  $A_r(\text{O}) = 16 \text{ u}$ ;  $A_r(\text{Ca}) = 40 \text{ u}$ .

Solución:

a) La concentración de la disolución de ácido acético en moles  $\cdot \text{L}^{-1}$  es:

$$1,065 \frac{\text{g disolución}}{\text{mL disolución}} \cdot \frac{1000 \text{ mL disolución}}{\text{L disolución}} \cdot \frac{58 \text{ g } \text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2}{100 \text{ g disolución}} \cdot \frac{1 \text{ mol } \text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2}{60 \text{ g } \text{NH}_3} = 10,29 \text{ M}.$$

Los moles de ácido contenidos en los 25 mL de disolución del ácido son:

$$n(\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2) = M \cdot V = 10,29 \text{ moles} \cdot \text{L}^{-1} \cdot 0,025 \text{ L} = 0,257 \text{ moles}.$$

La estequiometría de la reacción dice que dos moles de ácido reaccionan con un mol de base, por lo que, con los 0,257 moles de ácido reaccionarán los moles de base:

$$0,257 \text{ moles } [\text{CH}_3\text{-COOH}] \cdot \frac{1 \text{ mol } \text{Ca(OH)}_2}{2 \text{ moles } \text{CH}_3\text{COOH}} = 0,1285 \text{ moles de } \text{Ca(OH)}_2, \text{ que al ser una}$$

base muy fuerte se encuentra totalmente disueltos en el volumen de disolución:

$$V = \frac{\text{moles}}{\text{Molaridad}} = \frac{0,1285 \text{ moles}}{0,5 \text{ moles} \cdot \text{L}^{-1}} = 0,257 \text{ L}.$$

b) Los moles de acetato de calcio que se obtienen son:

$$n(\text{CaC}_2\text{H}_4\text{O}_2) = \frac{\text{gramos}}{\text{masa molar}} = \frac{17,9 \text{ g}}{158 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,113 \text{ moles}.$$

La estequiometría de la reacción indica que 2 moles de ácido producen un mol de sal y dos moles de agua. Luego, los 0,257 moles de ácido producirán 0,1285 moles de sal si la reacción es completa, pero si lo que se obtiene en la reacción son 0,113 moles, el rendimiento de la reacción, cociente entre lo que se obtiene en la reacción incompleta y lo que se obtiene en la reacción completa, es:

$$\text{rendimiento} = \frac{0,113}{0,1285} = 0,88 = 88 \text{ \%}.$$

Como dos moles de ácido producen dos moles de agua y el rendimiento de la reacción es del 88 %, los moles de agua que se obtienen son:  $0,257 \text{ moles} \cdot \frac{88}{100} = 0,23 \text{ moles}$ , a los que corresponden la masa:  $0,23 \text{ moles} \cdot 18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 4,14 \text{ g}$ .

**Resultado: a)  $V [\text{Ca(OH)}_2] = 257 \text{ mL}$ ; b) Rendimiento = 88 %; masa ( $\text{H}_2\text{O}$ ) = 4,14 g.**

**Problema 2.-** Para la reacción en equilibrio  $2 \text{NOCl(g)} \rightleftharpoons 2 \text{NO(g)} + \text{Cl}_2(\text{g})$ ,  $K_p$  tiene un valor de 0,0168 a  $240^\circ \text{C}$ . En un recipiente de 2 litros, mantenido a la temperatura de  $240^\circ \text{C}$ , se introduce una cantidad indeterminada de NOCl. Cuando se establece el equilibrio, la presión parcial de NOCl es de 0,16 atm.

a) Calcula el valor de  $K_c$  y las presiones parciales de los gases NO y  $\text{Cl}_2$  en el equilibrio.

b) Calcula la cantidad (en moles) de NOCl que se ha introducido inicialmente.

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

Solución:

a) Cociendo el valor de  $K_p$  se determina el valor de  $K_c$  de la relación entre las constantes de equilibrio:  $K_c = K_p \cdot (R \cdot T)^{-\Delta n}$ , siendo  $\Delta n$  los moles gaseosos obtenidos al restar a los moles gaseosos de los productos de reacción los de los reactivos, en este caso,  $\Delta n = 3 - 2 = 1$ .

$$K_c = 0,0168 \text{ atm} \cdot (0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 513 \text{ K})^{-1} = 0,0004 \text{ M}.$$

Al obtenerse en la reacción doble número de moles de NO que de Cl<sub>2</sub>, según la estequiometría de la reacción, la presión del gas NO es doble que la de Cl<sub>2</sub>. Luego, si se sustituye en la constante de equilibrio K<sub>p</sub> estas presiones y se opera, se determina el valor de las mismas en el equilibrio:

$$K_p = \frac{P_p^2(\text{NO}) \cdot P_p(\text{Cl}_2)}{P_p^2(\text{NOCl})} \Rightarrow 0,0168 = \frac{(2p)^2 \cdot p}{0,16^2} \Rightarrow 0,0168 \cdot 0,16^2 = 4p^3 \Rightarrow p = \sqrt[3]{\frac{0,0168 \cdot 0,16^2}{4}} = 0,0476$$

atm es la presión del Cl<sub>2</sub> en el equilibrio, mientras que la del NO es  $2 \cdot 0,0476 = 0,095$  atm;

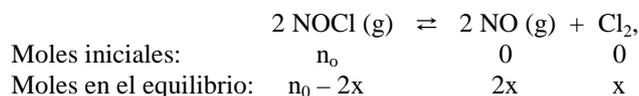
b) Conocidas la presión parcial de cada gas en el equilibrio, despejando en la ecuación de estado de los gases ideales el número de moles, para cada gas, sustituyendo las variables por sus valores y operando se obtienen los moles de los gases en el equilibrio:

$$n = \frac{P \cdot V}{R \cdot T} = \frac{0,16 \text{ atm} \cdot 2 \text{ L}}{0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 513 \text{ K}} = 0,0076 \text{ moles. (NOCl)}$$

Los moles de Cl<sub>2</sub> en el equilibrio son:

$$n = \frac{P \cdot V}{R \cdot T} = \frac{0,0476 \text{ atm} \cdot 2 \text{ L}}{0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 513 \text{ K}} = 0,0023 \text{ moles. (Cl}_2\text{)}, \text{ y } n(\text{NO}) = 0,0026 \text{ moles}$$

Como la reacción es:  $2 \text{ NOCl (g)} \rightleftharpoons 2 \text{ NO (g)} + \text{Cl}_2$ , y suponiendo que se han introducido n<sub>0</sub> moles y se descomponen por cada mol, x moles de NOCl, que son los moles que se forman de Cl<sub>2</sub>, los moles iniciales y en el equilibrio de cada especie es:



Luego, si se introdujeron en el reactor n<sub>0</sub> moles iniciales y resulta que han reaccionado 2x moles, como en el equilibrio se forman x moles de Cl<sub>2</sub>, se tiene que los moles de NOCl en el equilibrio son: n<sub>0</sub> - 2x = 0,0076, y como x = 0,0023, los moles iniciales de NOCl son:

$$n_0 = 0,0076 + 2 \cdot 0,0023 = 0,0122 \text{ moles.}$$

**Resultado: a) K<sub>c</sub> = 4 · 10<sup>-4</sup> M; P(Cl<sub>2</sub>) = 0,0476 atm ; P(NO) = 0,095 atm; b) 0,0122 moles NOCl.**

### Problema 3.

**El ácido benzoico, C<sub>7</sub>H<sub>6</sub>O<sub>2</sub>, es un ácido monoprótico que se utiliza como conservante y se identifica con el código europeo E-210. En una industria alimentaria, se prepara una disolución de ácido benzoico de concentración 0,01 mol · L<sup>-1</sup>.**

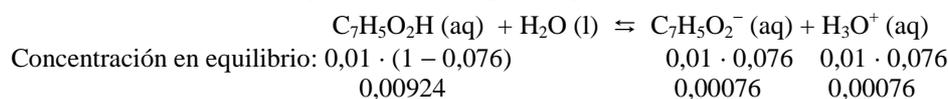
**a) En la disolución acuosa preparada, el ácido benzoico se encuentra ionizado en un 7,6 %. Calcula la constante de acidez, K<sub>a</sub>, y el pH de la disolución.**

**b) Para conservar aceitunas, la legislación fija un máximo de 0,5 g de ácido benzoico por kg de aceitunas. Calcula el volumen de la disolución de ácido benzoico 0,01 M preparada que hay que introducir en un bote que contiene 2 kg de aceitunas para ajustarse a este máximo legal.**

**DATOS: A<sub>r</sub>(H) = 1 u; A<sub>r</sub>(C) = 12 u; A<sub>r</sub>(O) = 16 u.**

Solución:

a) La concentración en el equilibrio de las especies que lo forman son:



Sustituyendo estas concentraciones en la constante ácida, K<sub>a</sub>, del ácido y operando sale para K<sub>a</sub>

$$\text{el valor: } K_a = \frac{[\text{C}_7\text{H}_5\text{O}_2^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{C}_7\text{H}_5\text{O}_2\text{H}]} = \frac{0,00076 \cdot 0,00076}{0,00924} = 6,25 \cdot 10^{-5}$$

El pH de la disolución es:  $\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] = -\log 0,00076 = 3,12$ .

b) Los moles de ácido que corresponden a los 0,5 gramos de son:

$$n(\text{C}_7\text{H}_5\text{O}_2\text{H}) = \frac{\text{gramos}}{\text{masa molar}} = \frac{0,5 \text{ g}}{122 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,0041 \text{ moles por Kg de aceituna, por lo que para}$$

el bote de 2 Kg se necesitarán 0,0082 moles de ácido, que se encontraran en el volumen de disolución:

$$V = \frac{\text{moles}}{\text{Molaridad}} = \frac{0,0082 \text{ moles}}{0,01 \text{ moles} \cdot \text{L}^{-1}} = 0,82 \text{ L} = 820 \text{ mL.}$$

$$C_7H_5O_2H \text{ } K_a = 6,25 \cdot 10^{-5}; \text{ pH} = 3,12; \text{ b) } V(C_7H_5O_2H) = 820 \text{ mL.}$$

**Problema 4.** El dióxido de cloro,  $ClO_2$  es un desinfectante y decolorante que puede obtenerse haciendo reaccionar clorato de sodio,  $NaClO_3$ , con peróxido de hidrógeno,  $H_2O_2$ , en medio ácido, de acuerdo con la siguiente ecuación química no ajustada:



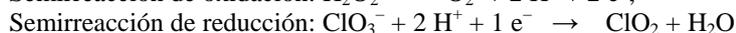
a) Escribe la semirreacción de oxidación y la de reducción, así como la ecuación química global ajustada tanto en su forma iónica como molecular.

b) Calcula el volumen de  $ClO_2$  obtenido (medido a  $20^\circ C$  y  $790 \text{ mmHg}$ ), cuando se mezcla la disolución A ( $250 \text{ mL}$  de una disolución  $0,08 \text{ M}$  de  $H_2O_2$  en exceso de  $H_2SO_4$ ) con la disolución B ( $200 \text{ mL}$  de una disolución  $0,15 \text{ M}$  de  $NaClO_3$  en exceso de  $H_2SO_4$ ).

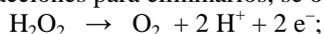
**DATOS:**  $1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg}$ .  $R = 0,082 \text{ atm} \cdot L \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$ .

Solución:

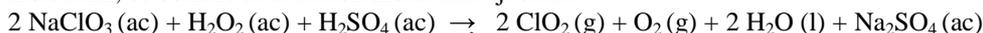
a) Las semirreacciones de oxido-reducción que se producen son:



Multiplicando la semirreacción de reducción por 2 para igualar los electrones y sumando las dos semirreacciones para eliminarlos, se obtiene la ecuación iónica ajustada:



$2 ClO_3^- + H_2O_2 + 2 H^+ \rightarrow 2 ClO_2 + O_2 + 2 H_2O$ , y llevando estos coeficientes a la ecuación molecular, se obtiene la ecuación molecular ajustada:



b) Los moles de  $H_2O_2$  y  $NaClO_3$  que se hacen reaccionar son:

$$n(H_2O_2) = M \cdot V = 0,08 \text{ moles} \cdot L^{-1} \cdot 0,25 \text{ L} = 0,02 \text{ moles};$$

$$n(NaClO_3) = M \cdot V = 0,15 \text{ moles} \cdot L^{-1} \cdot 0,2 \text{ L} = 0,03 \text{ moles.}$$

Como la estequiometría de la reacción indica que 2 moles de clorato de sodio reaccionan con un mol de  $H_2O_2$  y producen dos moles de  $ClO_2$ , esto pone de manifiesto que el reactivo limitante es el  $H_2O_2$ . En efecto: si 2 moles  $NaClO_3$  reaccionan con 1 mol de  $H_2O_2$ , los 0,03 moles de  $NaClO_3$  reaccionarán con x moles de  $H_2O_2$ , siendo x:

$$x = 0,03 \text{ moles } NaClO_3 \cdot \frac{1 \text{ mol } H_2O_2}{2 \text{ moles } NaClO_3} = 0,015 \text{ moles de } H_2O_2 \text{ necesarios, por lo que todo el}$$

$NaClO_3$  son los que reaccionan y forman 0,03 moles de  $ClO_2$ , que ocupan el volumen:

$$V = \frac{n \cdot R \cdot T}{P} = \frac{0,03 \text{ moles} \cdot 0,082 \text{ atm} \cdot L \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1} \cdot 293 \text{ K}}{\frac{790}{760} \text{ atm}} = 0,69 \text{ L.}$$

**Resultado:**  $V(ClO_2) = 690 \text{ mL}$ .

**Cuestión 1.-** Considera los elementos A, B, C y D, cuyos números atómicos son 12, 15, 17 y 19, respectivamente. Responde a las siguientes cuestiones:

a) Escribe la configuración electrónica de cada uno de los elementos propuestos e indica en qué grupo y periodo de la tabla periódica se encuentra cada uno.

b) Ordena justificadamente los elementos por orden creciente de su primera energía de ionización.

c) Elige dos elementos entre los cuales se formaría un compuesto iónico y obtén su fórmula molecular. Justifica la respuesta.

d) Deduce la fórmula molecular del compuesto que se formaría entre los elementos B y C aplicando la regla del octeto y discuta el tipo de enlace que se establece entre dichos átomos.

Solución:

a) La configuración electrónica de los elementos es: A ( $Z = 12$ ):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ ;  
B ( $Z = 5$ ):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$ ; C ( $Z = 17$ ):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ ; D ( $Z = 19$ ):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4^1$ .

El período en el que se encuentran lo indica el número cuántico principal  $n$ , mientras que el grupo lo determina el número de electrones en el orbital  $s$ ,  $s + 10$  o  $s + 10 + n^\circ$  electrones  $p$ . Luego, los elementos A, B y C se encuentran en el período 3 y el D en el cuarto.

b) Energía de ionización es la energía que hay que comunicar a un átomo neutro, gaseoso y en su estado electrónico fundamental, para arrancarle un electrón y convertirlo en ión monopositivo en el mismo estado gaseoso y fundamental. En los períodos esta propiedad aumenta al avanzar en él debido a que el electrón más externos, por situarse en el mismo nivel energético y aumentar la carga nuclear del átomo, es más fuertemente atraído por el núcleo y se necesita aplicar más cantidad de energía para arrancarlo; mientras que en los grupos disminuye al bajar en ellos debido a que el electrón más externos, al ir situándose en niveles energéticos cada vez más alejado del núcleo, es más débilmente atraído por él y se necesita aplicar menos cantidad de energía para arrancarlo.

De lo expuesto se deduce que el orden creciente de la primera energía de ionización de los elementos es:  $D < A < B < C$ .

c) D es un elemento alcalino y C un halógeno. El elemento D pierde un electrón, convirtiéndose en el catión  $D^+$ , para adquirir la configuración electrónica del gas noble anterior, y el C lo gana y se convierte en el anión  $C^-$  para alcanzar la configuración electrónica del gas noble siguiente. Estos iones se unen por la fuerza atractiva de naturaleza electrostática que aparece entre ellos y que se conoce como enlace iónico. La fórmula del compuesto que se forma es DC.

d) El elemento B es un no metal con covalencia 3, los tres electrones de su orbital 3p, mientras que el elemento C es también un no metal con covalencia 1, necesitando el elemento B unirse a tres elementos C para conseguir alcanzar cada uno de ellos la configuración electrónica del gas noble siguiente a ellos en la tabla periódica. La fórmula del compuesto que se forma es  $BC_3$ , y la unión se produce mediante tres enlaces covalentes.

**Cuestión 2. Considera las especies químicas  $F_2CO$ , HCN y  $NBr_3$ . Responde a las siguientes cuestiones:**

a) **Dibuja la estructura electrónica de Lewis de cada una de las moléculas.**

b) **Deduce la disposición geométrica de los pares electrónicos que rodean al átomo central de cada molécula e indica el tipo de hibridación de los orbitales de dicho átomo.**

c) **Indica la geometría de las moléculas HCN y  $NBr_3$ .**

d) **Discute si las moléculas de HCN y  $NBr_3$  son polares o apolares.**

**DATOS: Números atómicos, Z: H = 1; C = 6; N = 7; O = 8; F = 9; Br = 35. Electronegatividad: H = 2,1; C = 2,5, N = 3,0; Br = 2,8.**

Solución:

a) La estructura de Lewis de las moléculas es:



b) La molécula  $NBr_3$  emplea orbitales híbridos  $sp^3$  para unirse a los tres átomos de Br y albergar en uno de ellos el par de electrones libres. Los orbitales se dirigen en el espacio hacia los vértices de un tetraedro.

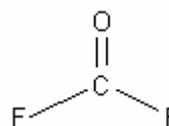
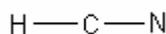
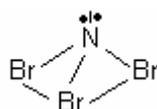
El átomo de C en la molécula  $F_2CO$  utiliza orbitales híbridos  $sp^2$  en sus uniones con los átomos de F; y en la molécula HCN emplea orbitales híbridos para unirse al hidrógeno y N, al que también se une con dos electrones de sus orbitales 2p.

En la molécula HCN el átomo de carbono utiliza dos orbitales híbridos para unirse a los átomos de H e N, al que también se une con dos electrones de sus orbitales 2p formando dos enlaces  $\pi$ .

c) La teoría de RPECV dice que los pares de electrones compartidos y libres, se orientan en el espacio alejándose entre sí lo suficiente, para conseguir que las repulsiones electrostáticas entre ellos sean mínimas. De la orientación adquirida depende la geometría de la molécula.

Sólo la molécula  $NBr_3$  posee un par de electrones libres sobre el átomo central, por lo que su geometría corresponde a la tetraédrica distorsionada, es decir, adopta una geometría piramidal trigonal.

Las otras moléculas sin pares de electrones libres sobre el átomo central, presentan geometría plana triangular para la  $F_2CO$  y lineal la HCN.



d) En estas moléculas la disposición espacial de los enlaces junto al par de electrones en la molécula  $\text{NBr}_3$ , y la diferencia de electronegatividad de cada elemento, hace que el momento dipolar resultante de la suma de los momentos dipolares de enlaces sea distinto de cero, por lo que estas moléculas son polares.

**Cuestión 3. Para el equilibrio heterogéneo:  $\text{NH}_4\text{HS}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{NH}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{S}(\text{g})$  ( $\Delta H = 103 \text{ kJ}$ ), deduce si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas.**

a) Si se introduce inicialmente en el reactor  $\text{NH}_4\text{HS}$ , el equilibrio no se alcanza si la cantidad de reactivo introducida no supera un valor mínimo.

b) Con las tres especies en equilibrio, la adición de más  $\text{NH}_4\text{HS}$  aumenta la producción de  $\text{NH}_3$  y  $\text{H}_2\text{S}$ .

c) Con las tres especies en equilibrio, al aumentar la temperatura del reactor, la masa de  $\text{NH}_4\text{HS}$  aumenta.

d) Con las tres especies en equilibrio, si se reduce el volumen a la mitad, aumenta la cantidad de  $\text{H}_2\text{S}$  formada.

Solución:

a) Falsa. El equilibrio se consigue siempre sea cual sea la cantidad de reactivo que se introduzca en el reactor, pues el equilibrio no depende de la cantidad de reactivo empleada.

b) Verdadera. La adición de más reactivo incrementa su concentración y, por ello, se incrementa la reacción de descomposición aumentando la producción de los productos de reacción  $\text{NH}_3$  y  $\text{H}_2\text{S}$ .

c) Falsa. Por ser la reacción endotérmica, un incremento de la temperatura hace que el equilibrio se desplace en el sentido en el que se absorbe calor, hacia la derecha, decreciendo la masa de reactivo.

d) Falsa. Al disminuir el volumen del reactor, el sistema reacciona desplazando el equilibrio en el sentido en el que aparece un menor número de moles, menos cantidad de materia, hacia la izquierda, por lo que disminuye la cantidad de  $\text{H}_2\text{S}$ .

**Cuestión 4. Razona si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:**

a) La mezcla de 100 mL de una disolución 0,5 M de  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  con 150 mL de una disolución 0,75 M de  $\text{HCl}$  tiene pH básico.

b) La mezcla de 40 mL de  $\text{HCl}$  2 M con 30 mL de una disolución 2 M de  $\text{NH}_3$  resulta en una disolución básica.

c) Al añadir  $\text{NH}_4\text{Cl}$  sólido a una disolución 0,5 M de  $\text{NH}_3$ , el pH disminuye.

d) Una disolución 1 M de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  tiene un pH ácido.

**DATOS:**  $K_b(\text{NH}_3) = 1,8 \cdot 10^{-5}$ ;  $K_w = 10^{-14}$ .

Solución:

a) Falsa. Los moles de base y ácido que reaccionan son:

$$n(\text{Ba}(\text{OH})_2) = M \cdot V = 0,5 \text{ moles} \cdot \text{L}^{-1} \cdot 0,1 \text{ L} = 0,05 \text{ moles};$$

$$n(\text{HCl}) = M \cdot V = 0,75 \text{ moles} \cdot \text{L}^{-1} \cdot 0,15 \text{ L} = 0,113 \text{ moles}$$

La reacción de neutralización que se produce es:  $2 \text{HCl} + \text{Ba}(\text{OH})_2 \rightarrow 2 \text{BaCl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$ , en la que su estequiometría indica que 2 moles de ácido reaccionan con 1 mol de base, siendo el ácido la especie en exceso, y por ser un ácido muy fuerte, en la disolución resultante aparece un exceso de iones oxonios,  $\text{H}_3\text{O}^+$ , lo que proporciona a la disolución un pH ácido, es decir,  $\text{pH} < 7$

b) Falsa. Los moles de ácido y base que reaccionan son:

$$n(\text{HCl}) = M \cdot V = 2 \text{ moles} \cdot \text{L}^{-1} \cdot 0,04 \text{ L} = 0,08 \text{ moles};$$

$$n(\text{NH}_3) = M \cdot V = 2 \text{ moles} \cdot \text{L}^{-1} \cdot 0,03 \text{ L} = 0,06 \text{ moles}$$

La reacción de neutralización que se produce es:  $2\text{HCl} + 2\text{NH}_3 \rightarrow 2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{H}_2\text{O}$ ,

Como la estequiometría es 1 a 1, es el ácido el que se encuentra en exceso, por lo que la disolución es ácida.

c) Verdadera. La disolución de  $\text{NH}_3$  es básica, y al añadirle el  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , el  $\text{NH}_4^+$ , ácido conjugado relativamente fuerte de la base débil  $\text{NH}_3$ , se hidroliza mientras que el anión cloruro es una base conjugada muy débil del ácido muy fuerte  $\text{HCl}$  y no sufre hidrólisis. La hidrólisis del catión es:  $\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}_3\text{O}^+$ , y el catión oxonio es el que proporciona a la disolución un pH ácido, lo que indica que el pH inicial de la disolución se hace menor.

d) Verdadera. Como se ha expuesto en el apartado anterior, el catión amonio se hidroliza con producción de iones oxonios, por lo que el pH de la disolución es ácido

