

## OPCIÓN A

**PROBLEMA 1.-** El bromuro potásico (KBr) reacciona con ácido sulfúrico concentrado obteniéndose dibromo líquido ( $\text{Br}_2$ ), dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), sulfato de potasio ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ) y agua.

a) Escribe ajustadas las semirreacciones de oxidación y de reducción, la reacción iónica global y la reacción molecular.

b) Determina el volumen de una disolución comercial de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  de concentración 17,73 M necesario para que reaccione con 25 g de bromuro potásico.

c) Determina el volumen de dibromo líquido que se obtiene si el rendimiento de la reacción es del 100 %.

DATOS:  $d_{\text{dibromo}} = 2,8 \text{ g/mL}$ ;  $A_r(\text{Br}) = 80 \text{ u}$ ;  $A_r(\text{K}) = 39 \text{ u}$ .

Solución:

a) Las semirreacciones iónicas de oxido-reducción son:

Semirreacción de oxidación:  $2 \text{Br}^- - 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Br}_2$ ;

Semirreacción de reducción:  $\text{SO}_4^{2-} + 4 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{SO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$ .

Sumándolas para eliminar los electrones:

$2 \text{Br}^- - 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Br}_2$ ;

$\text{SO}_4^{2-} + 4 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{SO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$ .

$2 \text{Br}^- + \text{SO}_4^{2-} + 4 \text{H}^+ \rightarrow \text{Br}_2 + \text{SO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$ , reacción iónica, y llevando los coeficientes a la ecuación molecular, teniendo presente que los 4  $\text{H}^+$  equivalen a 2 moles de ácido sulfúrico, se tiene ésta ajustada:  $2 \text{KBr} + 2 \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Br}_2 + \text{SO}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$ .

b) Los moles de bromuro potásico utilizados son:  $n(\text{KBr}) = \frac{\text{gramos}}{\text{masa molesr}} = \frac{25 \text{ g}}{119 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,21$ ,

y como 2 moles de bromuro reaccionan con dos moles de ácido, en el volumen de éste que se tome ha de

haber 0,21 moles, y su valor es:  $V = \frac{\text{moles}}{\text{molaridad}} = \frac{0,21 \text{ moles}}{17,73 \text{ moles} \cdot \text{L}^{-1}} = 0,0118 \text{ L} = 11,8 \text{ mL}$ .

c) La estequiometría de la reacción indica que 2 moles de bromuro producen 1 mol de dibromo, luego, los 0,21 moles de bromuro producirán 0,105 moles de dibromo a los que corresponden la masa:

$0,105 \text{ moles Br}_2 \cdot 160 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 16,8 \text{ g}$ , que llevados a la expresión de la densidad después de despejar el

volumen y sustituir proporciona el valor:  $V = \frac{\text{masa}}{\text{densidad}} = \frac{16,8 \text{ g}}{2,8 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}} = 6 \text{ mL}$ .

**Resultado: b) V = 11,8 mL; c) V = 6 mL.**

**PROBLEMA 2.-** Se toman 20 mL de ácido clorhídrico comercial de 35 % en masa y densidad 1,18 g/mL y se diluyen con agua destilada hasta un volumen final igual a 1,5 L.

a) Determina el pH de la disolución resultante.

b) Calcula el volumen de una disolución de NaOH 0,5 M que se necesitaría para neutralizar 50 mL de la disolución diluida de HCl.

Solución:

a) Los moles de ácido que se toman son:

$20 \text{ mL disoluc.} \cdot 1,18 \frac{\text{g disoluc.}}{\text{mL disoluc.}} \cdot \frac{35 \text{ g HCl}}{100 \text{ g disoluc.}} \cdot \frac{1 \text{ mol HCl}}{36,5 \text{ g HCl}} = 0,226 \text{ moles}$ , que al diluirlos hasta 1,5 L,

proporciona a la disolución la concentración:  $[\text{HCl}] = \frac{\text{moles}}{\text{volumen}} = \frac{0,226 \text{ moles}}{1,5 \text{ L}} = 0,15 \text{ M}$ .

Por tratarse de un ácido muy fuerte en disolución acuosa se encuentra totalmente ionizado, por lo que, la concentración de iones oxonios es:  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0,15 \text{ M}$ , siendo el pH de la disolución:  $\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] = -\log 0,15 = 0,82$ .

b) Los moles de HCl contenidos en el volumen de disolución propuesto son:

$n(\text{HCl}) = M \cdot V = 0,15 \text{ moles} \cdot \text{L}^{-1} \cdot 0,050 \text{ L} = 0,0075 \text{ moles}$ .

La ecuación de la reacción de neutralización es:  $\text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ , en la que 1 mol de ácido reacciona con 1 mol de base, luego, el volumen que se toma de la disolución de base ha de contener 0,0075 moles, siendo dicho volumen:  $V = \frac{\text{moles}}{M} = \frac{0,0075 \text{ moles}}{0,5 \text{ moles} \cdot \text{L}^{-1}} = 0,015 \text{ L} = 15 \text{ mL}$ .

**Resultado: a) pH = 0,82; b) V = 15 mL.**

**CUESTIÓN 1.-** Conceptos de química orgánica

- ¿Qué es un alcano? Escribe su fórmula general y pon un ejemplo.
- ¿Qué es un alqueno? Escribe su fórmula general y pon un ejemplo.
- ¿Qué es un alquino? Escribe su fórmula general y pon un ejemplo.

Solución:

a) Un alcano es un compuesto orgánico constituido por carbono e hidrógeno en el que los enlaces C – C son sencillos. La fórmula general de estos compuestos es  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ , siendo un ejemplo de ellos el etano,  $\text{C}_2\text{H}_6$ .

b) Los alquenos son hidrocarburos de cadena abierta que contienen, al menos, un enlace doble entre dos átomos de carbono consecutivos. Su fórmula general es  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$ , y un ejemplo de ellos es el propeno:  $\text{C}_3\text{H}_6$ .

c) Los alquinos son también hidrocarburos de cadena abierta en la que, al menos, aparece un enlace triple entre dos átomos de carbono consecutivos. Estos tienen de fórmula general  $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ , siendo un ejemplo de ellos el 1-butino  $\text{C}_4\text{H}_6$ .

### OPCIÓN B

**PROBLEMA 1.-** Se tienen 5 g de dihidrógeno y 5 g de helio en un volumen de 10 L a la temperatura de 30 °C.

- Calcula la presión que ejerce la mezcla de ambos gases.
- Calcula las presiones parciales de  $\text{H}_2$  y de He en la mezcla de gases.
- Indica qué leyes de los gases ha utilizado.

Solución:

a) Los moles de cada una de las sustancias en la mezcla son:

$$n(\text{Br}_2) = \frac{\text{moles}}{\text{masa molar}} = \frac{5 \text{ g}}{4 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 1,25 \text{ moles}; \quad n(\text{H}_2) = \frac{\text{moles}}{\text{masa molar}} = \frac{5 \text{ g}}{2 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 2,5 \text{ moles}.$$

Llevando la suma de los moles a la ecuación de estado de los gases ideales después de despejar la presión, sustituir las demás variables por sus valores y operar, se obtiene el valor:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \Rightarrow P_t = \frac{n \cdot R \cdot T}{V} = \frac{3,75 \text{ moles} \cdot 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 303 \text{ K}}{10 \text{ L}} = 9,32 \text{ atm}.$$

b) Operando como en el apartado anterior para los moles de cada gas en la mezcla se obtiene la presión parcial de cada uno de ellos:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \Rightarrow P_{\text{He}} = \frac{n \cdot R \cdot T}{V} = \frac{1,25 \text{ moles} \cdot 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 303 \text{ K}}{10 \text{ L}} = 3,1 \text{ atm}.$$

$$P_{\text{H}_2} = \frac{n \cdot R \cdot T}{V} = \frac{2,5 \text{ moles} \cdot 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 303 \text{ K}}{10 \text{ L}} = 6,21 \text{ atm}.$$

También puede realizarse a partir de las fracciones molares de los gases.

c) Se ha utilizado la Ley de Dalton que dice: “cada componente de una mezcla gaseosa ejerce una presión parcial igual a la que ejercería si ocupase él solo todo el volumen del recipiente, siendo la presión total igual a la suma de las presiones parciales de cada componente”.

**PROBLEMA 2.-** La constante del producto de solubilidad del AgBr es  $7,7 \cdot 10^{-13}$  a 25 °C. Calcula la solubilidad del AgBr, en g/L:

- En agua pura.
- En una disolución de bromuro sódico  $10^{-3}$  M.
- Compara los valores obtenidos y justifica la diferencia encontrada.

Solución:

a) El equilibrio de ionización de la sal en agua es:  $\text{AgBr} \rightleftharpoons \text{Ag}^+ + \text{Br}^-$ .

De la estequiometría del equilibrio de solubilidad se deduce que, si la solubilidad de la sal en disolución es  $S$  moles  $\cdot$  L<sup>-1</sup>, la solubilidad de los iones Ag<sup>+</sup> y Br<sup>-</sup> es  $S$ .

Del producto de solubilidad:  $P_s = [\text{Ag}^+] \cdot [\text{Br}^-] = S \cdot S = S^2$ , sustituyendo las variables conocidas por sus valores, despejando  $S$  y operando:

$$7,7 \cdot 10^{-13} = S^2 \Rightarrow S = \sqrt{7,7 \cdot 10^{-13}} = 8,8 \cdot 10^{-7} \text{ moles} \cdot \text{L}^{-1}, \text{ que expresada en } \text{g} \cdot \text{L}^{-1} \text{ es:}$$

$$8,8 \cdot 10^{-7} \frac{\text{moles}}{\text{L}} \cdot \frac{188 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = 1,65 \cdot 10^{-4} \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}.$$

b) La sal soluble en agua NaBr se encuentra totalmente disociada, por lo que, la concentración de iones Br<sup>-</sup> en la disolución, suponiendo un litro de la misma, es  $10^{-3}$  M, y por el efecto del ión común Br<sup>-</sup>, el equilibrio de ionización del compuesto AgBr se encuentra desplazado hacia la izquierda, hacia la formación del compuesto poco soluble.

Siendo  $S$  la solubilidad del catión Ag<sup>+</sup>, el producto de solubilidad es ahora:

$$K_{ps \text{ AgBr}} = 7,7 \cdot 10^{-13} = S \cdot 10^{-3} \Rightarrow S = \frac{7,7 \cdot 10^{-13}}{10^{-3}} = 7,7 \cdot 10^{-10} \text{ moles} \cdot \text{L}^{-1}, \text{ que expresada en}$$

$$\text{g} \cdot \text{L}^{-1} \text{ es: } 7,7 \cdot 10^{-10} \frac{\text{moles}}{\text{L}} \cdot \frac{188 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = 1,45 \cdot 10^{-7} \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}.$$

c) Es superior la solubilidad del AgBr en agua debido a la influencia del ión común en la disolución de NaBr.

**Resultado:** a)  $1,65 \cdot 10^{-4} \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ ; b)  $1,45 \cdot 10^{-7} \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ .

**PROBLEMA 3.-** Se dispone de una disolución de hidróxido potásico de concentración 30 % en masa y densidad 1,29 g/mL.

- Calcula el volumen que hay que tomar de dicha disolución para preparar 2,50 L de disolución de KOH de pH = 12,5.
- Explica el proceso que seguiría y el material de laboratorio utilizado.

Solución:

a) Suponiendo 1 L de disolución, su concentración molar es:

$$1,290 \frac{\text{g disoluc.}}{\text{L disoluc.}} \cdot \frac{30 \text{ g KOH}}{100 \text{ g disoluc.}} \cdot \frac{1 \text{ mol KOH}}{39 \text{ g KOH}} = 9,92 \text{ M}.$$

Por tratarse de una base fuerte se encuentra totalmente ionizada en disolución, y si el pH de la disolución que se quiere formar es 12,5, su pOH es  $14 - \text{pH} = 14 - 12,5 = 1,5$ , lo que pone de manifiesto que la concentración de iones hidróxidos ha de ser:  $[\text{OH}^-] = 10^{-1,5} = 10^{0,5} \cdot 10^{-2} = 3,16 \cdot 10^{-2}$  M, que es la concentración de la disolución formada, a la que corresponde los moles:

$n(\text{KOH}) = M \cdot V = 3,16 \cdot 10^{-2} \text{ moles} \cdot \text{L}^{-1} \cdot 2,5 \text{ L} = 0,079 \text{ moles}$ , que son los que han de estar disueltos en el volumen que se tome de la disolución de partida. Luego, dicho volumen es:

$$V = \frac{\text{moles}}{\text{molaridad}} = \frac{0,079 \text{ moles}}{9,92 \text{ moles} \cdot \text{L}^{-1}} = 0,00796 \text{ L} = 7,96 \text{ mL}.$$

**Resultado:** a) 7,96 mL.