

OPCIÓN A

PROBLEMA 1.- El cloro se obtiene en el laboratorio según la reacción:



- La cantidad de reactivos necesarios para obtener 100 L de Cl_2 a 15 °C y 720 mm Hg.
- El volumen de ácido clorhídrico 0,6 M que habrá que utilizar.

DATOS: $A_r(\text{Mn}) = 54,94 \text{ u}$; $A_r(\text{Cl}) = 35,5 \text{ u}$; $A_r(\text{O}) = 16 \text{ u}$; $A_r(\text{H}) = 1 \text{ u}$; $R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

Solución:

$$M(\text{MnO}_2) = 86,94 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}; M(\text{HCl}) = 36,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}; T = 273 + 15 = 288 \text{ K};$$

$$P = 720 \frac{\text{mmHg}}{760 \frac{\text{mmHg}}{1 \text{ atm}}} = 0,95 \text{ atm}.$$

a) Los reactivos que se utilizan en la reacción son óxido de manganeso (IV), MnO_2 , y ácido clorhídrico, HCl . Para determinar sus cantidades iniciales, se hallan los moles correspondientes a los 100 L de cloro, Cl_2 , en las condiciones propuestas.

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \Rightarrow n = \frac{P \cdot V}{R \cdot T} = \frac{0,95 \text{ atm} \cdot 100 \text{ L}}{0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 288 \text{ K}} = 4,023 \text{ moles de cloro}.$$

Multiplicando los moles obtenidos de cloro por los correspondientes factores de conversión, y por la relación molar reactivo utilizado-cloro, se obtienen los gramos de cada reactivo para obtener el volumen de cloro propuesto.

$$\text{Gramos de MnO}_2: 4,023 \text{ moles Cl}_2 \cdot \frac{1 \text{ mol MnO}_2}{1 \text{ mol Cl}_2} \cdot \frac{86,94 \text{ g MnO}_2}{1 \text{ mol MnO}_2} = 349,76 \text{ g MnO}_2.$$

$$\text{Gramos de HCl: } 4,023 \text{ moles Cl}_2 \cdot \frac{4 \text{ moles HCl}}{1 \text{ mol Cl}_2} \cdot \frac{36,5 \text{ g HCl}}{1 \text{ mol HCl}} = 587,36 \text{ g HCl}.$$

b) Los 587,36 g de HCl corresponden a $587,36 \text{ g HCl} \cdot \frac{1 \text{ mol HCl}}{36,5 \text{ g HCl}} = 16,092$ moles, que son los que han de estar disueltos en el volumen de disolución 0,6 M que hay que utilizar.

$$\text{El volumen es: } V = \frac{n \text{ (moles)}}{M} = \frac{16,092 \text{ moles}}{0,6 \text{ moles} \cdot \text{L}^{-1}} = 26,82 \text{ L}.$$

Resultado: a) 349,76 g MnO_2 y 587,36 g HCl ; b) 26,82 L.

CUESTIÓN 1.- Dadas las configuraciones electrónicas de dos elementos:

A: $1 s^2 2 s^2 2 p^2$ y **B:** $1 s^2 2 s^2 2 p^1 3 s^1$. Indica de un modo razonado si las afirmaciones siguientes son verdaderas o falsas:

- Es posible la configuración dada para B.
- Las dos configuraciones corresponden al mismo elemento.
- Para separar un electrón de B se necesita más energía que para separarlo de A.

Solución:

a) La configuración electrónica expuesta para el elemento B es correcta, pues un electrón del orbital 2p ha emigrado al orbital 3s después de suministrar energía al elemento. Esta afirmación es, por tanto, verdadera.

b) La configuración del elemento B corresponde, como se ha expuesto en el apartado anterior, a un elemento excitado, correspondiéndole en su estado fundamental la del elemento A, que posee sus electrones en los orbitales que corresponde al orden energético de llenado. Se comprende que A y B son, por la razón expuesta, el mismo elemento, siendo verdadera la afirmación.

c) Separar un electrón de un átomo de un elemento es llevarlo al infinito, donde la interacción entre éste y el núcleo atómico no existe, formándose así un ión monopositivo. Para ello, se suministra al átomo en su estado gaseoso, neutro y fundamental la energía necesaria, llamada energía o potencial de ionización.

De lo expuesto se deduce que esta afirmación es falsa, pues al estar el electrón más externo en el elemento B más alejado del núcleo atómico que el del elemento A, se encuentra menos fuertemente retenido por éste, por lo que se necesita menos energía para separarlo.

CUESTIÓN 2.- Para la reacción: $N_2(g) + 3 H_2(g) \rightleftharpoons 2 NH_3(g)$, $K_p = 4,3 \cdot 10^{-3}$ a $300^\circ C$.

- ¿Cuál es el valor de K_p para la reacción inversa?
- ¿Qué pasaría a las presiones parciales de N_2 , H_2 y NH_3 , si se añade un catalizador?
- ¿Qué pasaría a K_p , si se aumenta el volumen?

Solución:

a) Si K_p para la reacción directa es $K_p = \frac{[NH_3]^2}{[N_2] \cdot [H_2]^3}$ y para la inversa $K'_p = \frac{[N_2] \cdot [H_2]^3}{[NH_3]^2}$, se deduce fácilmente que la constante de equilibrio de la reacción inversa vale el inverso del valor de la constante de equilibrio de la reacción directa, es decir, $K'_p = \frac{1}{K_p} = \frac{1}{4,3 \cdot 10^{-3}} = 2,33 \cdot 10^2$.

b) La presencia de un catalizador provocará que la reacción transcurra más rápidamente, pero no altera para nada el equilibrio, por lo que las presiones parciales de los gases N_2 , H_2 y NH_3 , no modificarán sus valores.

c) En una mezcla gaseosa, a temperatura constante, el producto $P \cdot V = cte$, según la ley de Boyle-Mariotte, por lo que al aumentar el volumen (disminuir la presión), el equilibrio se desplaza hacia el miembro donde se produzca un aumento del número de moles, hacia la izquierda. La constante K_p no sufre alteración en su valor.

OPCIÓN B

PROBLEMA 2.- Considera la reacción: $H_2(g) + Cl_2(g) \rightarrow 2 HCl(g)$; $\Delta H = -184,6$ kJ. Si reaccionan en un recipiente 3 moles de $H_2(g)$ y 5 moles de $Cl_2(g)$, manteniendo la presión constante de 1 atm y a la temperatura de $25^\circ C$.

- Calcula el trabajo realizado expresado en julios.
- Calcula la variación de energía interna del sistema.

Solución:

a) De la reacción se deduce que 1 mol de $H_2(g)$ reacciona con 1 mol de $Cl_2(g)$ para producir 2 moles de $HCl(g)$. Por tanto, si en el recipiente se introducen 3 moles de H_2 y 5 moles de Cl_2 , reaccionará todo el H_2 con 3 moles de Cl_2 para producir 6 moles de HCl y quedarán 2 moles de Cl_2 sin reaccionar.

Como el trabajo realizado es: $W = -P \cdot \Delta V = -\Delta n \cdot R \cdot T$, y de la ecuación química se deduce que $\Delta n = 2 - 2 = 0$, el trabajo que se realiza en la reacción es $W = 0$.

b) Del primer principio de la termoquímica se tiene que: $\Delta U = Q + W$, y como la reacción transcurre a presión constante, $Q = Q_p$, y al ser $W = 0$, se tiene que $\Delta U = Q_p$; y como $Q_p = 3 \cdot \Delta H$ por ser la entalpía de reacción la correspondiente a la formación de 2 moles de HCl y haberse formado 6 moles, la variación de energía interna del sistema es pues: $\Delta U = -3 \cdot 184,6 \text{ kJ} = -553,8 \text{ kJ}$.

Resultado: a) $W = 0$; b) $\Delta U = -553,8 \text{ kJ}$.

CUESTIÓN 1.- Aplicando la teoría de Brönsted y Lowry razona si son ciertas o falsas las siguientes afirmaciones:

- Un ácido fuerte reacciona con su base conjugada dando una disolución neutra.
- La base conjugada de un ácido débil ($K_a = 1,8 \cdot 10^{-5}$) es una base fuerte.
- Un ácido y su base conjugada se diferencian en un protón.

Solución:

a) Falsa. Un ácido, sea cual sea su fortaleza, nunca reacciona con su base conjugada. El ácido cede un protón a otra sustancia, base, transformándose en su base conjugada, con la que se encuentra en equilibrio.

b) Verdadera. Si un ácido es débil tiene poca tendencia a ceder un protón, y su base conjugada tendrá mucha tendencia a aceptarlo nuevamente, lo que significa que será fuerte.

c) Verdadera. Ácido es toda sustancia capaz de ceder un protón, y cuando lo hace se transforma en su base conjugada, siendo el protón la diferencia entre ellos.

CUESTIÓN 3.- Se desea preparar 250 mL de una disolución 0,29 M de ácido clorhídrico y para ello se dispone de agua destilada y un reactivo comercial de tal ácido, cuya etiqueta, entre otros, contiene los siguientes datos: HCl densidad $1,184 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ y 37,5 % en peso.

a) ¿Cuántos mL del reactivo comercial se necesitará para preparar la citada disolución?

b) Explica cómo actuaría para preparar la disolución pedida y el material utilizado.

DATOS: $A_r(\text{Cl}) = 35,5 \text{ u}$; $A_r(\text{H}) = 1 \text{ u}$.

Solución:

$$M(\text{HCl}) = 36,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

a) La resolución de este tipo de problemas exige conocer primero los moles contenidos en los 250 mL de disolución a preparar, para a partir de aquí, poder determinar los mililitros que hay que tomar de la disolución comercial.

Los moles de HCl que han de estar disueltos en los 250 mL de disolución a preparar son:

$N = M \cdot V = 0,29 \text{ moles} \cdot 0,25 \text{ L} = 0,0725 \text{ moles}$, que son los que han de estar contenidos en el volumen de disolución comercial que hay que tomar.

En segundo lugar hay que conocer la concentración molar de la disolución comercial, y de ahí, determinar el volumen de disolución que contienen los moles anteriormente calculados:

La molaridad de la disolución comercial, utilizando los correspondientes factores de conversión (relaciones de equivalencia) y considerando 1 L de disolución, es:

$$1,184 \frac{\text{g disolución}}{\text{mL disolución}} \cdot \frac{1000 \text{ mL disolución}}{1 \text{ L disolución}} \cdot \frac{37,5 \text{ g HCl}}{100 \text{ g disolución}} \cdot \frac{1 \text{ mol HCl}}{36,5 \text{ g HCl}} = 12,16 \text{ M}$$

El volumen de esta disolución comercial que contiene los 0,0725 moles de HCl es:

$$M = \frac{n(\text{moles})}{V(\text{litros})} \Rightarrow V = \frac{n(\text{moles})}{M} = \frac{0,0725 \text{ moles}}{12,16 \text{ moles} \cdot \text{L}^{-1}} = 0,00596 \text{ L} = 5,96 \text{ mL}$$

b) Una vez realizado los cálculos correspondientes, se toma con una pipeta los mL de disolución comercial calculados, se vierte en un matraz aforado de 250 mL, se añade un poco de agua destilada y se agita para favorecer la disolución, y finalmente se añade más agua destilada hasta llegar al enrase del matraz.

Resultado: a) $V = 5,96 \text{ mL}$.