

3 REACCIONES QUÍMICAS

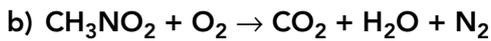
Para consultar los **criterios de evaluación** y los **estándares de aprendizaje evaluables** , véase la Programación.

1 REACCIONES Y ECUACIONES QUÍMICAS

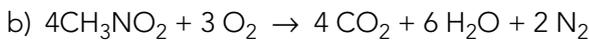
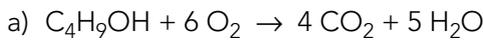
CE.1.1. (EA.1.1.1.-1.1.2.) **CE.3.1.** (EA.3.1.1.)

Página 94

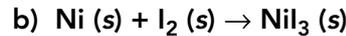
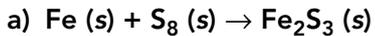
1 Ajusta estas reacciones químicas de combustión:



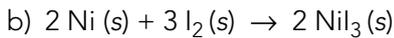
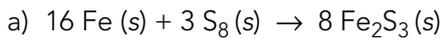
Las ecuaciones químicas ajustadas son:



2 Ajusta las reacciones químicas de síntesis:

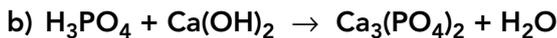
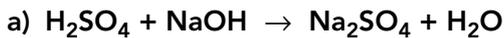


Las ecuaciones químicas ajustadas son:



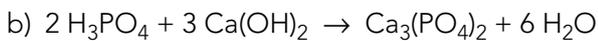
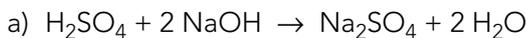
Página 95

3 Dentro de las reacciones ácido-base, encontramos las reacciones de neutralización, que pueden considerarse como reacciones de doble desplazamiento. Teniendo esto en cuenta, ajusta las siguientes reacciones en las que intervienen oxoácidos:



 **Las 6 W.** Busca información sobre las reacciones de neutralización y explica por qué son importantes como técnica de análisis.

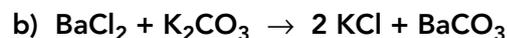
Las ecuaciones químicas ajustadas son:



Recuerde a su alumnado que en el banco de recursos de anayaeducacion.es podrá consultar un documento que explica cómo aplicar la técnica «Las 6 W».

Las reacciones de neutralización, al ser reacciones muy rápidas, se utilizan para analizar la concentración de disoluciones ácidas o básicas, mediante volumetría de reacción con una base o un ácido, respectivamente.

4 Clasifica las siguientes reacciones químicas en función de la reordenación de sus unidades elementales:



a) Se trata de una reacción de adición, pues sigue un esquema $\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{AB}$, donde A es NH_3 y B es HCl .

b) Se trata de una reacción de doble desplazamiento, pues sigue un esquema:
 $\text{AB} + \text{CD} \rightarrow \text{CB} + \text{AD}$, donde A es Ba^{2+} ; B es Cl^- ; C es K^+ y D es CO_3^{2-}

- 5  El curso que viene estudiarás más detalladamente las reacciones que se producen en disolución acuosa. Busca información sobre los tres tipos de reacciones que se nombran en la teoría de esta página y pon ejemplos de cada una de ellas.

Los tres tipos de reacciones aludidos son las reacciones ácido-base, las reacciones de precipitación y las reacciones de reducción-oxidación. Las reacciones ácido-base se dan entre sustancias tipo ácido (capaces de liberar H^+ en disoluciones acuosas, según la teoría de Browsted-Lorry) y bases (capaces de liberar OH^- , según la misma teoría); como productos de este tipo de reacciones se obtienen sales y agua. Las reacciones de precipitación son reacciones entre electrolitos que dan como resultado la formación de una sal poco soluble, que precipita. Las reacciones de oxidación-reducción son aquellas en las que se produce una transferencia de electrones, alterándose el número de oxidación de las especies químicas implicadas.

2 CÁLCULOS ESTEQUIOMÉTRICOS

CE.1.1. (EA.1.1.1.-1.1.2.) CE.3.2. (EA.3.2.1.-3.2.2.)

Página 96

- 6 Indica el nombre del compuesto desconocido del ejemplo de la ilustración. ¿Cuál es la relación entre la cantidad de sustancia dato (CO_2 o H_2O) y la cantidad de sustancia incógnita (compuesto desconocido, hidrocarburo) en este caso?

Datos: $M(C) = 12,01 \text{ g/mol}$; $M(O) = 15,99 \text{ g/mol}$; $M(H) = 1,01 \text{ g/mol}$.

Observando el número de unidades fundamentales en el esquema, podemos concluir que la reacción que tiene lugar corresponde con:

$C_xH_yO_z + 3 O_2 \rightarrow 2 CO_2 + 3 H_2O$, de lo que deducimos la relación entre las cantidades de sustancia dato (CO_2 o H_2O) y la cantidad de sustancia incógnita ($C_xH_yO_z$)

$$\frac{n_{CO_2}}{n_{C_xH_yO_z}} = \frac{2}{1} \quad \frac{n_{H_2O}}{n_{C_xH_yO_z}} = \frac{3}{1}$$

Asimismo, observando la ecuación química ajustada, se puede deducir que $x = 2$, $y = 6$ y $z = 1$.

- 7 Calcula la cantidad de sustancia de:

- Una masa de 400 g de NaOH.
- Carbonato de calcio presente en 100 g de piedra caliza con una riqueza del 74 %.
- Ácido sulfúrico en 490 mL de una disolución 2 M.
- Dioxígeno, O_2 , en un volumen de 250 L medidos a 298 K y 704 mmHg.
- Ácido nítrico en 1 litro de una disolución de riqueza, 36,7 %, y densidad, 1225 g/L.

Datos: $M(Na) = 22,99 \text{ g/mol}$; $M(O) = 15,99 \text{ g/mol}$; $M(H) = 1,01 \text{ g/mol}$;
 $M(S) = 32,06 \text{ g/mol}$; $M(N) = 14,01 \text{ g/mol}$.

- a) Para calcular la cantidad de sustancia, es preciso calcular previamente la masa molar de NaOH; para ello utilizamos estos valores de las masas atómicas: $M(Na) = 23 \text{ g/mol}$, $M(O) = 16 \text{ g/mol}$ y $M(H) = 1 \text{ g/mol}$. La masa molar resulta: $M(NaOH) = 23 + 16 + 1 = 40 \text{ g/mol}$, por lo que:

$$n = \frac{m(\text{g})}{M(\text{g/mol})} = \frac{400 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 10 \text{ mol}$$

- b) Para calcular la cantidad de sustancia, es preciso calcular previamente la masa molar de $CaCO_3$; para ello utilizamos estos valores de las masas atómicas: $M(Ca) = 40 \text{ g/mol}$, $M(C) = 12 \text{ g/mol}$ y $M(O) = 16 \text{ g/mol}$.

La masa molar resulta: $M(CaCO_3) = 40 + 12 + 3 \cdot 16 = 100 \text{ g/mol}$, por lo que:

$$n = 100\text{g} \cdot \frac{74 \text{ g } CaCO_3}{100 \text{ g}} \cdot \frac{1 \text{ mol } CaCO_3}{100 \text{ g } CaCO_3} = 0,74 \text{ mol}$$

- c) Aplicamos la definición de molaridad: $M = \frac{n(\text{mol})}{V(\text{L})} \rightarrow n(\text{mol}) = M(\text{g/mol}) \cdot V(\text{L})$; sustituimos los valores, expresando el volumen en litros $V = 0,490 \text{ L}$ y obtenemos:

$$n(\text{mol}) = 2 \text{ mol/L} \cdot 0,49 \text{ L} = 0,98 \text{ mol}$$

- d) Utilizamos la ecuación de estado de los gases ideales: $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$

El valor de la constante que utilizamos es $R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{K} \cdot \text{mol}^{-1}$, por lo que habrá que expresar la presión en atmósferas; para ello:

$$p = \frac{704 \text{ mm Hg}}{760 \text{ mm Hg/atm}} \approx 0,93 \text{ atm}$$

Despejamos la cantidad de sustancia de la ecuación de los gases:

$$n = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} = \frac{0,93 \text{ atm} \cdot 250 \text{ L}}{0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 298 \text{ K}} \approx 9,15 \text{ mol}$$

- e) Calculamos en primer lugar la masa molar de ácido nítrico, a partir de su fórmula y las masas atómicas de N, O y H. $M(\text{HNO}_3) = 63 \text{ g/mol}$.

Aplicando la definición de densidad y riqueza y la relación entre la masa molar, la masa y la cantidad de sustancia, el cálculo de la cantidad de ácido nítrico (de subíndice A) es:

$$1 \text{ L} \cdot \frac{1225 \text{ g}}{1 \text{ L}} \cdot \frac{36,7 \text{ g}_A}{100 \text{ g}} \cdot \frac{1 \text{ mol}_A}{63 \text{ g}_A} \approx 7,14 \text{ mol}$$

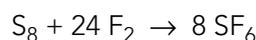
3 CÁLCULOS ESTEQUIOMÉTRICOS EN MASA

CE.1.1. (EA.1.1.1.-1.1.2.) CE.3.2. (EA.3.2.1.-3.2.2.)

Página 97

- 8** Calcula la masa de flúor, F_2 , necesaria para que reaccione completamente la masa de azufre calculada en el ejemplo resuelto 2. Comprueba tu resultado aplicando la ley de conservación de la masa.

La reacción química del ejemplo resuelto 2 es:



Los datos del problema son:

$$m_{\text{SF}_6} = 1,752 \text{ kg} \rightarrow 1752 \text{ g}$$

$$m_{\text{S}_8} = 384 \text{ g}$$

Cualquiera de las dos sustancias puede ser la sustancia dato, tomaremos la masa del S_8 como dato del problema; siguiendo el esquema de cálculo:

1. Cálculo de la cantidad de sustancia dato.

Para ello, calculamos previamente la masa molar a partir de la masa atómica del azufre, $M(\text{S}_8) = 256 \text{ g/mol}$:

$$n_{\text{dato}} = \frac{m_{\text{dato}}}{M_{\text{dato}}} = \frac{384 \text{ g}}{256 \text{ g/mol}} = 1,5 \text{ mol}$$

2. Cálculo de la cantidad de sustancia incógnita.

Para ello, utilizamos los coeficientes estequiométricos: para la sustancia dato, $a = 1$, y para la sustancia incógnita, $b = 24$.

$$n_{\text{incógnita}} = n_{\text{dato}} \cdot \frac{b}{a} = 1,5 \text{ mol} \cdot \frac{24}{1} = 36 \text{ mol}$$

3. Por último, calculamos la magnitud incógnita, en este caso la masa.

Para ello, calculamos previamente la masa molar de la sustancia incógnita, en este caso F_2 , a partir de la masa atómica promedio del flúor; $M(F_2) = 38 \text{ g/mol}$.

$$m_{\text{incógnita}} = n_{\text{incógnita}} \cdot M = 36 \text{ mol} \cdot 38 \text{ g/mol} = 1368 \text{ g}$$

Comprobamos el resultado aplicando la ley de conservación de la masa:

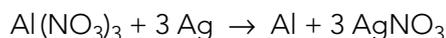
$1368 \text{ g} + 384 \text{ g} = 1752 \text{ g}$, que es la masa de producto obtenida.

9 El nitrato de plata se utiliza como antiséptico y desinfectante por vía tópica. La síntesis de esta sustancia se lleva a cabo entre nitrato de aluminio y plata, donde también se obtiene aluminio como producto. Escribe la ecuación química y calcula la cantidad de cada producto (expresada en mol) que se obtiene al reaccionar 16,305 g de plata.

Datos: $M(\text{Ag}) = 107,87 \text{ g/mol}$; $M(\text{N}) = 14,01 \text{ g/mol}$; $M(\text{O}) = 15,99 \text{ g/mol}$;

$M(\text{Al}) = 26,98 \text{ g/mol}$.

La ecuación química es:



El dato del problema es la masa de la sustancia dato; en este caso, la plata:

$$m_{\text{Ag}} = 16,305 \text{ g.}$$

Las sustancias incógnita son Al y AgNO_3

Seguimos el esquema de cálculo hasta el paso 2, pues nos piden la cantidad de sustancia y no la masa de las sustancias incógnita:

1. Cálculo de la cantidad de sustancia dato.

Para ello, calculamos previamente la masa molar a partir de la masa atómica de la plata, $M(\text{Ag}) = 107,9 \text{ g/mol}$:

$$n_{\text{dato}} = \frac{m_{\text{dato}}}{M_{\text{dato}}} = \frac{16,305 \text{ g}}{107,9 \text{ g/mol}} \approx 0,15 \text{ mol}$$

2. Cálculo de la cantidad de sustancia incógnita.

Para ello, utilizamos los coeficientes estequiométricos. El coeficiente de la sustancia dato es $a = 3$ y para las sustancias incógnita, $b = 1$ (en el caso del aluminio) y $b' = 3$ (en el caso del nitrato de plata):

$$n_{\text{Al}} = n_{\text{dato}} \cdot \frac{b}{a} = 0,15 \text{ mol} \cdot \frac{1}{3} = 0,05 \text{ mol de Al}$$

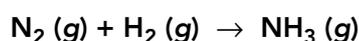
$$n_{\text{AgNO}_3} = n_{\text{dato}} \cdot \frac{b'}{a} = 0,15 \text{ mol} \cdot \frac{3}{3} = 0,15 \text{ mol de AgNO}_3$$

4 REACTIVOS Y PRODUCTOS EN ESTADO GASEOSO

CE.1.1. (EA.1.1.1.-1.1.2.) **CE.3.2.** (EA.3.2.1.-3.2.2.)

Página 98

10 Partiendo de la reacción de síntesis del amoníaco:



a) En condiciones normales, ¿qué volúmenes de los reactivos son necesarios para obtener 16,8 L de amoníaco?

b) Calcula los volúmenes de los reactivos si la presión del apartado anterior se reduce a la mitad.

Datos: $M(\text{N}) = 14,01 \text{ g/mol}$; $M(\text{H}) = 1,01 \text{ g/mol}$.

La ecuación química es: $\text{N}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{NH}_3(\text{g})$

La sustancia dato es NH_3 ; la magnitud observable es el volumen, $V_{\text{NH}_3} = 16,8 \text{ L}$.

La relación entre los volúmenes de la reacción y la relación entre las cantidades de sustancia son las mismas, pues se miden estos volúmenes en idénticas condiciones de presión y temperatura, en este caso condiciones normales, de lo que deducimos, a la vista de la ecuación química:

$$\frac{V_{\text{N}_2}}{V_{\text{NH}_3}} = \frac{1}{2} \quad \frac{V_{\text{H}_2}}{V_{\text{NH}_3}} = \frac{3}{2}$$

Por tanto:

$$V_{\text{N}_2} = \frac{1}{2} \cdot 16,8 \text{ L} = 8,4 \text{ L}$$

$$V_{\text{H}_2} = \frac{3}{2} \cdot 16,8 \text{ L} = 25,2 \text{ L}$$

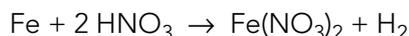
11 El hierro metálico reacciona con el ácido nítrico dando nitrato de hierro(II) e hidrógeno gaseoso.

a) Escribe la ecuación química del proceso y calcula el volumen de hidrógeno que se desprende, a 25°C y 730 mm Hg , si reaccionan 726 g de hierro.

b)  Busca información sobre el HNO_3 y justifica su uso en la industria por sus propiedades físicas y químicas.

Datos: $M(\text{Fe}) = 55,85 \text{ g/mol}$; $M(\text{H}) = 1,01 \text{ g/mol}$; $M(\text{N}) = 14,01 \text{ g/mol}$;
 $M(\text{O}) = 15,99 \text{ g/mol}$.

a) La ecuación química es:



La sustancia dato es el hierro, Fe , sustancia cuya masa conocemos, $m_{\text{Fe}} = 726 \text{ g}$.

La sustancia incógnita es el hidrógeno, H_2 , su volumen medido a 730 mmHg ($0,96 \text{ atm}$) y 25°C (298 K).

Aplicando el esquema de cálculo:

1. Cálculo de la cantidad de sustancia dato.

Para ello, calculamos previamente la masa molar a partir de la masa atómica del hierro, $M(\text{Fe}) = 55,85 \text{ g/mol}$:

$$n_{\text{dato}} = \frac{m_{\text{dato}}}{M_{\text{dato}}} = \frac{726 \text{ g}}{55,85 \text{ g/mol}} \approx 13 \text{ mol}$$

2. Cálculo de la cantidad de sustancia incógnita.

Para ello, utilizamos los coeficientes estequiométricos. El coeficiente de la sustancia dato es $a = 1$ y el de la sustancia incógnita, $b = 1$, por tanto:

$$n_{\text{H}_2} = n_{\text{dato}} \cdot \frac{b}{a} = 13 \text{ mol} \cdot \frac{1}{1} = 13 \text{ mol de H}_2$$

3. Cálculo de la magnitud observable de sustancia incógnita, en este caso el volumen; para ello, utilizamos la ecuación de los gases ideales, despejando el volumen y sustituyendo los datos del enunciado, en las unidades adecuadas:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

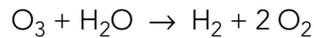
$$V = \frac{n \cdot R \cdot T}{p} = \frac{13 \text{ mol} \cdot 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 298 \text{ K}}{0,96 \text{ atm}} \approx 331 \text{ L}$$

b) Respuesta abierta.

12 El ozono gaseoso reacciona con agua dando H_2 y O_2 , ambos en estado gaseoso. Si el volumen de todas las sustancias gaseosas se mide a 299 K y 704 mmHg:

- Calcula cuántos litros de ozono han reaccionado si se obtienen 10 L de oxígeno.
- Razona si el volumen de H_2 será mayor o menor que el de O_2 obtenido.
- Calcula la cantidad de ozono que ha reaccionado y la masa de agua consumida.

La ecuación química es:



- a) La sustancia dato es el oxígeno, O_2 , cuyo volumen es conocido, $V_{\text{O}_2} = 10 \text{ L}$.

La sustancia incógnita es el ozono, O_3 , cuyo volumen es la magnitud observable pedida en el enunciado.

La relación entre los volúmenes de la reacción y la relación entre las cantidades de sustancia son las mismas, pues se miden estos volúmenes en idénticas condiciones de presión y temperatura, de lo que deducimos, a la vista de la ecuación química:

$$\frac{V_{\text{O}_3}}{V_{\text{O}_2}} = \frac{1}{2}$$

Por tanto:

$$V_{\text{O}_3} = \frac{1}{2} \cdot 10 \text{ L} = 5 \text{ L}$$

- b) El volumen de hidrógeno será la mitad que el de oxígeno, pues la relación entre los coeficientes estequiométricos es 1 : 2.
- c) La sustancia dato es el oxígeno, O_2 , cuyo volumen, medido a 299 K y 704 mmHg (0,93 atm), es conocido, $V_{\text{O}_2} = 10 \text{ L}$.

Las sustancias incógnitas son el ozono, O_3 , del que nos piden calcular la cantidad de sustancia, y el agua, H_2O , cuya masa es la magnitud observable pedida en el enunciado.

Seguimos el esquema de cálculo:

1. Cálculo de la cantidad de sustancia dato.

Utilizamos la ecuación de estado del gas ideal: $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$

Despejando la cantidad de sustancia y sustituyendo los valores del enunciado:

$$n_{\text{O}_2} = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} = \frac{0,93 \text{ atm} \cdot 10 \text{ L}}{0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 299 \text{ K}} \approx 0,38 \text{ mol}$$

2. Cálculo de la cantidad de sustancia incógnita.

Para ello, utilizamos los coeficientes estequiométricos. El coeficiente de la sustancia dato es $a = 2$ y para ambas sustancias incógnita, $b = 1$.

$$n_{\text{O}_3} = n_{\text{H}_2\text{O}} = n_{\text{dato}} \cdot \frac{b}{a} = 0,38 \text{ mol} \cdot \frac{1}{2} = 0,19 \text{ mol}$$

3. Por último, calculamos la magnitud incógnita; en este caso, la masa de agua.

Para ello, calculamos previamente la masa molar de la sustancia incógnita; en este caso, H_2O :

$$M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ g/mol}$$

$$m_{\text{incógnita}} = n_{\text{incógnita}} \cdot M = 0,19 \text{ mol} \cdot 18 \text{ g/mol} = 3,42 \text{ g}$$

Por tanto, han reaccionado 0,19 moles de ozono y se han consumido 3,42 g de agua.

13 El clorato de potasio se descompone en cloruro de potasio y dióxígeno.

- a) **Calcula el volumen de oxígeno, medido en c. n., que se produce si se descomponen completamente 4,09 g de clorato de potasio.**
- b) **Calcula la masa de cloruro de potasio obtenida.**
- c) **Si esta reacción ocurre en un recipiente cerrado no deformable de un litro de capacidad, ¿qué presión soporta el recipiente?**

La ecuación química es: $2 \text{KClO}_3 \rightarrow 2 \text{KCl} + 3 \text{O}_2$

- a) La sustancia dato es el clorato de potasio, KClO_3 , cuya masa es conocida, $m_{\text{KClO}_3} = 4,09 \text{ g}$.

La sustancia incógnita es el oxígeno, O_2 , cuyo volumen, medido en c. n., es la magnitud observable pedida en el enunciado. Aplicamos el esquema de cálculo:

1. Cálculo de la cantidad de sustancia dato.

Para ello, calculamos previamente la masa molar a partir de la masa atómica del hierro, $M(\text{KClO}_3) = 122,55 \text{ g/mol}$:

$$n_{\text{dato}} = \frac{m_{\text{dato}}}{M_{\text{dato}}} = \frac{4,09 \text{ g}}{122,55 \text{ g/mol}} \approx 3,3 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

2. Cálculo de la cantidad de sustancia incógnita.

Para ello, utilizamos los coeficientes estequiométricos. El coeficiente de la sustancia dato es $a = 2$ y el de la sustancia incógnita, $b = 3$; por tanto:

$$n_{\text{O}_2} = n_{\text{dato}} \cdot \frac{b}{a} = 3,33 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \frac{3}{2} = 0,05 \text{ mol de O}_2$$

3. Cálculo del volumen de la sustancia incógnita.

Aplicando la relación $1 \text{ mol} \Leftrightarrow 22,4 \text{ L}$ de gas medidos en c. n., tenemos:

$$0,05 \text{ mol} \cdot \frac{22,4 \text{ L}}{1 \text{ mol}} \approx 1,12 \text{ L}$$

- b) La sustancia dato es el clorato de potasio, KClO_3 , cuya masa es conocida, $m_{\text{KClO}_3} = 4,09 \text{ g}$.

La sustancia incógnita es el cloruro de potasio, KCl , cuya masa es la magnitud observable pedida en el enunciado. Aplicamos el esquema de cálculo:

1. Cálculo de la cantidad de sustancia dato.

Para ello, calculamos previamente la masa molar a partir de la masa atómica del hierro, $M(\text{KClO}_3) = 122,55 \text{ g/mol}$:

$$n_{\text{dato}} = \frac{m_{\text{dato}}}{M_{\text{dato}}} = \frac{4,09 \text{ g}}{122,55 \text{ g/mol}} \approx 3,3 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

2. Cálculo de la cantidad de sustancia incógnita.

Para ello, utilizamos los coeficientes estequiométricos. El coeficiente de la sustancia dato es $a = 2$, y el de la sustancia incógnita, $b = 2$; por tanto:

$$n_{\text{O}_2} = n_{\text{dato}} \cdot \frac{b}{a} = 3,3 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \frac{2}{2} = 3,3 \cdot 10^{-2} \text{ mol de KCl}$$

3. Por último, calculamos la magnitud incógnita; en este caso, la masa.

Para ello calculamos previamente la masa molar de la sustancia incógnita; en este caso KCl , $M(\text{KCl}) = 74,55 \text{ g/mol}$.

$$m_{\text{incógnita}} = n_{\text{incógnita}} \cdot M = 3,3 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot 74,55 \text{ g/mol} \approx 2,5 \text{ g}$$

- c) Para responder a este apartado consideramos que la presión que tiene el recipiente ($V = 1 \text{ L}$) antes de que ocurra la reacción química es la presión atmosférica y que soportará una sobre presión debida a la aparición del producto gaseoso; en este caso, el oxígeno. Calculamos esta sobrepresión a partir de la ecuación de los gases ideales, sustituyendo los valores de volumen y cantidad de sustancia calculados previamente y suponemos una temperatura ambiente de 298 K:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T;$$

$$p = \frac{n \cdot R \cdot T}{V} = \frac{0,05 \text{ mol} \cdot 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 298 \text{ K}}{1 \text{ L}} = 1,22 \text{ atm añadida a la presión atmosférica}$$

5 REACTIVOS Y PRODUCTOS EN DISOLUCIÓN

CE.1.1. (EA.1.1.1.-1.1.2.) CE.3.2. (EA.3.2.2.)

Página 101

- 14** Calcula la masa de fosfato de calcio que se obtiene a partir de 125 mL de una disolución de cloruro de calcio 0,100 M y 125 mL de una disolución 0,100 M de fosfato de sodio. Escribe la reacción química que tiene lugar entre ambas disoluciones.

La ecuación química es $3 \text{ CaCl}_2 + 2 \text{ Na}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 6 \text{ NaCl}$

Aparentemente, el problema tiene dos sustancias dato (los dos reactivos de la reacción):

Cloruro de calcio, CaCl_2 , para la cual el enunciado da estos datos $V_A = 125 \text{ mL}$, $M_A = 0,100 \text{ M}$.

Fosfato de sodio, Na_3PO_4 , para la cual el enunciado da estos datos $V_{A'} = 125 \text{ mL}$, $M_{A'} = 0,100 \text{ M}$.

Observando los datos, concluimos que se tiene la misma cantidad de sustancia en ambas disoluciones. Observando la estequiometría de la reacción, concluimos que por cada 3 mol de CaCl_2 reaccionan solo 2 mol de Na_3PO_4 ; por tanto, reaccionará completamente el CaCl_2 y sobraré parte de la sustancia de la otra disolución, es decir, sobraré Na_3PO_4 . La sustancia dato es, por tanto, el cloruro de calcio.

Aplicamos el esquema de resolución de problemas con el que hemos estado trabajando en la unidad:

1. Cálculo de la cantidad de sustancia dato a partir de la definición de molaridad de la disolución y del volumen de la misma:

$$M = \frac{n(\text{mol})}{V(\text{L})}$$

$$n(\text{mol}) = M \left(\frac{\text{mol}}{\text{L}} \right) \cdot V(\text{L}) = 0,100 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,125 \text{ L} = 0,0125 \text{ mol}$$

2. Cálculo de la cantidad de sustancia incógnita. Utilizamos los coeficientes estequiométricos. El coeficiente de la sustancia dato es $a = 3$ y el de la sustancia incógnita, $b = 1$; por tanto:

$$n_B = n_A \cdot \frac{b}{a} = 0,0125 \text{ mol} \cdot \frac{1}{3} \approx 0,0042 \text{ mol}$$

3. Por último, calculamos la magnitud incógnita; en este caso, la masa.

Para ello, calculamos previamente la masa molar de la sustancia incógnita; en este caso $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, $M(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = 215,21 \text{ g/mol}$.

$$m_B = n_B \cdot M = 0,0042 \text{ mol} \cdot 215,21 \text{ g/mol} \approx 0,900 \text{ g}$$

- 15** Calcula la concentración de una disolución de Ca(OH)_2 sabiendo que una muestra de 20 mL de esta disolución reacciona completamente con 40 mL de una disolución de HCl 0,1 M, y se obtienen como productos cloruro de calcio y agua.

La ecuación química es: $\text{Ca(OH)}_2 + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$

La sustancia dato es el cloruro de hidrógeno, que se encuentra en disolución $M_A = 0,1 \text{ M}$ de la que se disponen $V_A = 40 \text{ mL} = 0,040 \text{ L}$.

La sustancia incógnita es Ca(OH)_2 , de la que preguntan la concentración molar de su disolución, M_B , y dan su volumen, $V_B = 20 \text{ mL} = 0,02 \text{ L}$.

Aplicamos el esquema de cálculo:

1. Cálculo de la cantidad de sustancia dato a partir de la molaridad y volumen de la disolución:

$$n_A (\text{mol}) = M_A \left(\frac{\text{mol}}{\text{L}} \right) \cdot V_A (\text{L}) = 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,040 \text{ L} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

2. Cálculo de la cantidad de sustancia incógnita. Para ello, utilizamos los coeficientes estequiométricos. El coeficiente de la sustancia dato es $a = 2$, y el de la sustancia incógnita, $b = 1$; por tanto:

$$n_B = n_A \cdot \frac{b}{a} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \frac{1}{2} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

3. Por último, calculamos la molaridad de la disolución que contiene la sustancia incógnita, utilizando el volumen de la muestra, V_B , y la cantidad de sustancia calculada, n_B :

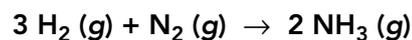
$$M_B = \frac{n_B (\text{mol})}{V_B (\text{L})} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{2 \cdot 10^{-2} \text{ L}} = 0,1 \text{ M}$$

6 REACTIVO LIMITANTE Y RENDIMIENTO DE REACCIÓN

CE.1.1. (EA.1.1.1.-1.1.2.) **CE.3.2.** (EA.3.2.3.-3.2.4.)

Página 103

- 16** En la siguiente reacción:



Indica cuál es el reactivo limitante en estos casos:

- a) Reaccionan 44,8 L de H_2 , en condiciones normales, con 2 mol de N_2 .
- b) Reaccionan 42 g de N_2 con 1 dm³ de H_2 a 298 K y 0,98 atm.
- c) Reaccionan 2 L de cada reactivo, medidos en las mismas condiciones de presión y temperatura.

La ecuación química es: $3 \text{H}_2 (\text{g}) + \text{N}_2 (\text{g}) \rightarrow 2 \text{NH}_3 (\text{g})$

En este caso $\left(\frac{n_{\text{H}_2}}{n_{\text{N}_2}} \right)_{\text{Estequiométrico}} = 3$.

- a) Calculamos la cantidad de sustancia de ambos reactivos:

H_2 , teniendo en cuenta que 1 mol ocupa 22,4 L en c. n.:

$$44,8 \text{ L} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{22,4 \text{ L}} = 2 \text{ mol}$$

N_2 , 2 mol.

A la vista de la ecuación química, 2 mol de N_2 requieren de 6 mol de H_2 ; por tanto, el reactivo limitante es el H_2 .

b) Calculamos la cantidad de sustancia de ambos reactivos:

H₂, aplicando la ecuación de estado del gas ideal para V = 1 L, T = 298 K y p = 0,98 atm.

$$n_{\text{H}_2} = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} = \frac{0,98 \text{ atm} \cdot 1 \text{ L}}{0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 298 \text{ K}} \approx 0,040 \text{ mol}$$

N₂, a partir de la masa, m = 42 g la masa molar M(N₂) = 28 g/mol

$$n_{\text{N}_2} = \frac{m_{\text{N}_2}}{M_{\text{N}_2}} = \frac{42 \text{ g}}{28 \text{ g/mol}} = 1,5 \text{ mol}$$

$$\left(\frac{n_{\text{H}_2}}{n_{\text{N}_2}}\right)_{\text{Real}} = \frac{0,040}{1,5} < \left(\frac{n_{\text{H}_2}}{n_{\text{N}_2}}\right)_{\text{Estequiométrico}} ; \text{ por tanto, el reactivo limitante es H}_2.$$

c) En este caso $\left(\frac{n_{\text{H}_2}}{n_{\text{N}_2}}\right)_{\text{Real}} = 1 < \left(\frac{n_{\text{H}_2}}{n_{\text{N}_2}}\right)_{\text{Estequiométrico}} ; \text{ por tanto, el reactivo limitante es H}_2.$

17 En una campana de vacío, hermética, de V = 3 dm³, se introduce oxígeno hasta una presión de 1 atm para quemar completamente 12 g de carbono. Si la temperatura es constante durante todo el proceso y su valor es de 31 °C, calcula la cantidad de CO₂ formada.

Datos: M(O) = 15,99 g/mol; M(C) = 12,01 g/mol.

La ecuación química es C (s) + O₂ (g) → CO₂ (g)

La sustancia dato es el reactivo limitante, para identificarlo comparamos $\left(\frac{n_{\text{C}}}{n_{\text{O}_2}}\right)_{\text{Real}}$ con $\left(\frac{n_{\text{C}}}{n_{\text{O}_2}}\right)_{\text{Estequiométrico}}$.

Calculamos n_{O₂}, aplicando la ecuación de estado del gas ideal para V = 3 L, T = 31 °C = 304 K y p = 1 atm.

$$n_{\text{O}_2} = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} = \frac{1 \text{ atm} \cdot 3 \text{ L}}{0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 304 \text{ K}} \approx 0,12 \text{ mol}$$

Calculamos n_C, a partir de la masa, m = 12 g la masa molar M(C) = 12,01 g/mol

$$n_{\text{C}} = \frac{m_{\text{C}}}{M_{\text{C}}} = \frac{12 \text{ g}}{12,01 \text{ g/mol}} \approx 1 \text{ mol}$$

$\left(\frac{n_{\text{C}}}{n_{\text{O}_2}}\right)_{\text{Real}} = \frac{1 \text{ mol}}{0,12 \text{ mol}} = 8,33 > \left(\frac{n_{\text{C}}}{n_{\text{O}_2}}\right)_{\text{Estequiométrico}} ; \text{ por tanto, el reactivo limitante es O}_2 \text{ y, por lo tanto, la sustancia dato.}$

Calculamos la cantidad de dióxido de carbono obtenida, observando que el coeficiente estequiométrico del producto y de la sustancia dato es el mismo; por tanto se formarán 0,12 mol de CO₂.

18 Calcula la molaridad de una disolución de NaOH sabiendo que 250 mL de esta disolución reaccionan completamente con 58 mL de una disolución de ácido clorhídrico 0,02 M.

 **Lluvia de ideas.** Si ahora utilizas una disolución de Ba(OH)₂, ¿qué molaridad obtienes para esta base? ¿Es la misma que para la de NaOH? Explica tu razonamiento a partir de la comparación de las ecuaciones químicas de las dos reacciones de neutralización.

Datos: M(Na) = 22,99 g/mol; M(O) = 15,99 g/mol; M(H) = 1,01 g/mol;

M(Cl) = 35,45 g/mol; M(Ba) = 137,34 g/mol.

En anayaeducacion.es, su alumnado puede consultar un documento que explica cómo aplicar la técnica «Lluvia de ideas», que sugerimos para resolver esta actividad.

La ecuación química es: $\text{NaOH} + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$

La sustancia dato es el cloruro de hidrógeno, que se encuentra en disolución $M_A = 0,02 \text{ M}$ de la que se disponen $V_A = 58 \text{ mL} = 0,058 \text{ L}$.

La sustancia incógnita es NaOH, de la que preguntan la concentración molar de su disolución, M_B , y dan su volumen, $V_B = 250 \text{ mL} = 0,250 \text{ L}$.

Aplicamos el esquema de cálculo:

1. Cálculo de la cantidad de sustancia dato a partir de la molaridad y volumen de la disolución:

$$n_A (\text{mol}) = M_A \left(\frac{\text{mol}}{\text{L}} \right) \cdot V_A (\text{L}) = 0,02 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,058 \text{ L} = 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

2. Cálculo de la cantidad de sustancia incógnita. Para ello, utilizamos los coeficientes estequiométricos. El coeficiente de la sustancia dato es $a = 1$, y el de la sustancia incógnita, $b = 1$; por tanto:

$$n_B = n_A \cdot \frac{b}{a} = 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \frac{1}{1} = 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

3. Por último, calculamos la molaridad de la disolución que contiene la sustancia incógnita, utilizando el volumen de la muestra, V_B , y la cantidad de sustancia calculada, n_B :

$$M_B = \frac{n_B (\text{mol})}{V_B (\text{L})} = \frac{1,16 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{2,5 \cdot 10^{-1} \text{ L}} = 4,64 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

Si se utiliza $\text{Ba}(\text{OH})_2$, la reacción química es: $\text{Ba}(\text{OH})_2 + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{BaCl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$. Lo único que cambia es el coeficiente estequiométrico de la sustancia dato, que ahora es $a = 2$. Por tanto, la cantidad de sustancia de $\text{Ba}(\text{OH})_2$ es ahora la mitad, y también la molaridad de la disolución.

19 El dióxido de nitrógeno gaseoso reacciona con agua líquida y se obtienen como productos, ácido nítrico y monóxido de nitrógeno.

a) Escribe la ecuación química ajustada.

b) Si disponemos de 377 g de NO_2 y 102,6 g de agua, ¿cuál es el reactivo limitante? ¿Qué masa del reactivo en exceso queda sin reaccionar?

c) Calcula el volumen de ácido nítrico obtenido.

Datos: $M(\text{N}) = 14,01 \text{ g/mol}$; $M(\text{O}) = 15,99 \text{ g/mol}$; $M(\text{H}) = 1,01 \text{ g/mol}$.

La ecuación química es: $3 \text{NO}_2 (\text{g}) + \text{H}_2\text{O} (\text{l}) \rightarrow 2 \text{HNO}_3 (\text{aq}) + \text{NO} (\text{g})$

La sustancia dato es el reactivo limitante, para identificarlo comparamos $\left(\frac{n_{\text{NO}_2}}{n_{\text{H}_2\text{O}}}_{\text{Real}} \right)$ con $\left(\frac{n_{\text{NO}_2}}{n_{\text{H}_2\text{O}}}_{\text{Estequiométrico}} \right) = \frac{3}{1}$.

Calculamos n_{NO_2} , a partir de la masa, $m = 377 \text{ g}$, y la masa molar $M(\text{NO}_2) = 45,99 \text{ g/mol}$.

$$n_{\text{NO}_2} = \frac{m_{\text{NO}_2}}{M_{\text{NO}_2}} = \frac{377 \text{ g}}{45,99 \text{ g/mol}} \approx 8,20 \text{ mol}$$

Calculamos $n_{\text{H}_2\text{O}}$, a partir de la masa, $m = 102,6 \text{ g}$, y la masa molar $M(\text{H}_2\text{O}) = 18,01 \text{ g/mol}$.

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{102,6 \text{ g}}{18,01 \text{ g/mol}} \approx 5,70 \text{ mol}$$

$\left(\frac{n_{\text{NO}_2}}{n_{\text{H}_2\text{O}}}_{\text{Real}} \right) = \frac{8,20 \text{ mol}}{5,70 \text{ mol}} = 1,44 < \left(\frac{n_{\text{NO}_2}}{n_{\text{H}_2\text{O}}}_{\text{Esteq}} \right) = 3$; por tanto el reactivo limitante es NO_2 , y por tanto la sustancia dato.

Para calcular la masa de agua que queda sin reaccionar, hallamos previamente la cantidad de sustancia que reacciona. Para ello, utilizamos los coeficientes estequiométricos. El coeficiente de la sustancia dato es $a = 1$, y el de la sustancia incógnita, $b = 1$; por tanto:

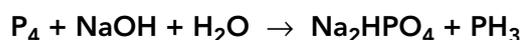
$$n_B = n_A \cdot \frac{b}{a} = 8,20 \text{ mol} \cdot \frac{1}{3} \approx 2,73 \text{ mol}$$

Por tanto, la cantidad de agua que queda sin reaccionar, $n'_{\text{H}_2\text{O}}$, es: $n'_{\text{H}_2\text{O}} = 5,70 \text{ mol} - 2,73 \text{ mol} = 2,97 \text{ mol}$, que corresponde a una masa de agua de:

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = n_{\text{H}_2\text{O}} \cdot M_{\text{H}_2\text{O}} = 2,97 \text{ mol} \cdot 18,01 \text{ g/mol} = 53,49 \text{ g}$$

Respecto del ácido nítrico, podemos calcular la masa que se forma. El volumen de la disolución en la que se encuentra el ácido corresponderá al volumen de agua que queda sin reaccionar (asumiendo que el volumen del disolvente coincide con el de la disolución). En una primera aproximación será de unos 53,5 mL (considerando que la densidad de la disolución es aproximadamente la del agua).

20 El fósforo blanco, P_4 , reacciona con hidróxido de sodio y agua según la reacción:



a) Si partimos de 438,7 g de P_4 , 12,7 g de NaOH y 10,33 g de agua, indica los reactivos en exceso.

b) Calcula la masa de fosfano que se formará.

c) ¿Qué cantidad de Na_2HPO_4 (en mol) se obtiene?

Datos: $M(\text{P}) = 30,97 \text{ g/mol}$; $M(\text{Na}) = 22,99 \text{ g/mol}$; $M(\text{O}) = 15,99 \text{ g/mol}$;

$M(\text{H}) = 1,01 \text{ g/mol}$.

La ecuación química es: $\text{P}_4 + 3 \text{NaOH} + 3 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 3 \text{NaH}_2\text{PO}_2 + \text{PH}_3$

a) La sustancia dato es el reactivo limitante. Para identificarlo, comparamos la relación entre la cantidad de los tres reactivos de que disponemos con la relación estequiométrica, que en este caso es:

$$(n_{\text{P}_4} : n_{\text{NaOH}} : n_{\text{H}_2\text{O}})_{\text{Esteq}} = 1 : 3 : 3$$

Calculamos n_{P_4} , a partir de la masa, $m_{\text{P}_4} = 438,7 \text{ g}$, y la masa molar $M(\text{P}_4) = 123,88 \text{ g/mol}$:

$$n_{\text{P}_4} = \frac{m_{\text{P}_4}}{M_{\text{P}_4}} = \frac{438,7 \text{ g}}{123,88 \text{ g/mol}} \approx 3,54 \text{ mol}$$

Calculamos n_{NaOH} , a partir de la masa, $m_{\text{NaOH}} = 12,7 \text{ g}$, y $M(\text{NaOH}) = 39,99 \text{ g/mol}$:

$$n_{\text{NaOH}} = \frac{m_{\text{NaOH}}}{M_{\text{NaOH}}} = \frac{12,7 \text{ g}}{39,99 \text{ g/mol}} \approx 0,32 \text{ mol}$$

Calculamos $n_{\text{H}_2\text{O}}$, a partir de la masa, $m = 10,33 \text{ g}$, y la masa molar $M(\text{H}_2\text{O}) = 18,01 \text{ g/mol}$.

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{10,33 \text{ g}}{18,01 \text{ g/mol}} \approx 0,57 \text{ mol}$$

$$(n_{\text{P}_4} : n_{\text{NaOH}} : n_{\text{H}_2\text{O}})_{\text{Real}} = 3,54 : 0,32 : 0,57$$

Comparando con la relación estequiométrica, obtenemos que el reactivo limitante es NaOH y, por tanto, la sustancia dato. Los reactivos en exceso son P_4 y H_2O .

b) Para calcular la masa de fosfano (b), utilizamos la cantidad de sustancia dato, NaOH, sustancia a , y aplicamos el esquema de cálculo, sabiendo que los coeficientes estequiométricos son $a = 3$, $b = 1$ y que la masa molar del fosfano es $M(\text{PH}_3) = 34,00 \text{ g/mol}$:

$$m_b = 0,32 \text{ mol}_a \cdot \frac{1 \text{ mol}_b}{3 \text{ mol}_a} \cdot \frac{34,00 \text{ g}_b}{1 \text{ mol}_b} \approx 3,63 \text{ g}$$

c) Observando la ecuación química concluimos que la cantidad de fosfato obtenida es la misma que la cantidad de hidróxido de sodio que ha reaccionado; es decir, 0,32 mol.

7 PROCESOS QUÍMICOS EN UN ALTO HORNO

CE.1.1. (EA.1.1.1.-1.1.2.) CE.3.3. (EA.3.3.1.) CE.3.4. (EA.3.4.1.-3.4.2.)

Página 105

- 21**  Busca qué otros elementos pueden estar presentes en la aleación de carbono y hierro. ¿Qué porcentaje de la mezcla representan? ¿Qué aplicaciones tienen estos nuevos compuestos?

Le sugerimos que recomiende a su alumnado la consulta de las fichas de ciudadanía digital, disponibles en el apartado «Recursos relacionados con las claves del proyecto» del banco de recursos de anayaeducacion.es, para abordar de forma segura y responsable cualquier búsqueda de información en Internet.

Respuesta abierta.

- 22** ¿Qué es el acero inoxidable? ¿En qué se diferencia del acero? Haz una lista de las ventajas y diferencias de cada uno de ellos y ponla en común con el resto de compañeros y compañeras.

Respuesta abierta.

- 23**  ¿Qué impacto ambiental tiene la producción de acero? ¿En qué países se produce una mayor producción de acero a nivel mundial? ¿Cómo crees que pueden paliarse estos efectos? Consulta la [meta 13.a](#) y elabora un decálogo de ideas. Busca información sobre las medidas medioambientales que se están tomando en la industria siderúrgica y piensa si son viables económicamente en nuestro país.

Su alumnado puede visualizar en anayaeducacion.es el vídeo con información relativa a la meta 13.a de los ODS antes de responder a esta cuestión.

Respuesta abierta.

TRABAJA CON LO APRENDIDO**CE.1.1.** (EA.1.1.1.-1.1.2.) **CE.1.2.** (EA.1.2.1.-1.2.2.) **CE.3.1.** (EA.3.1.1.) **CE.3.2.** (EA.3.2.1.-3.2.2.-3.2.3.-3.2.4.) **CE.3.3.** (EA.3.3.1.) **CE.3.4.** (EA.3.4.1.-3.4.2.-3.4.3.) **CE.3.5.** (EA.3.5.1.)

Página 110

Reacciones y ecuaciones químicas

1 Indica si las siguientes ecuaciones químicas son correctas o no. En caso de que no lo sean, corrígelas:

- a) $\text{KClO}_3 \rightarrow \text{KCl} + 3 \text{O}_2$
- b) $2 \text{HgO} \rightarrow \text{Hg} + \text{O}_2$
- c) $\text{Cl}_2 + 2 \text{KBr} \rightarrow \text{KCl} + \text{Br}_2$
- d) $\text{C}_2\text{H}_6 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

Mostramos las correcciones en rojo:

- a) $\text{KClO}_3 \rightarrow \text{KCl} + 3/2 \text{O}_2$
- b) $2 \text{HgO} \rightarrow 2 \text{Hg} + \text{O}_2$
- c) $\text{Cl}_2 + 2 \text{KBr} \rightarrow 2 \text{KCl} + \text{Br}_2$
- d) $\text{C}_2\text{H}_6 + 7/2 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{CO}_2 + 3 \text{H}_2\text{O}$

2 Clasifica las siguientes reacciones químicas en función de la reordenación de sus entidades elementales:

- a) $2 \text{Li} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2 \text{LiCl}$
 - b) $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$
 - c) $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Zn} \rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2$
 - d) $2 \text{NaBr} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2 \text{NaCl} + \text{Br}_2$
- a) $2 \text{Li} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2 \text{LiCl}$ Adición
- b) $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$ Descomposición
- c) $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Zn} \rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2$ Desplazamiento
- d) $2 \text{NaBr} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2 \text{NaCl} + \text{Br}_2$ Desplazamiento

3 Indica si la siguiente afirmación es verdadera o falsa y explica por qué:

«En una reacción química se cumple la ley de conservación de la cantidad de sustancia; esto explica que el número de átomos de cada elemento químico presentes sea el mismo en los reactivos y en los productos de la reacción».

La afirmación es falsa. Lo correcto sería:

«En una reacción química se cumple la ley de conservación de la masa cantidad de sustancia, esto explica que el número de átomos de cada elemento químico presente en la misma sea el mismo en los reactivos y en los productos de la reacción».

4 Completa los productos de las siguientes reacciones químicas de doble desplazamiento:

- a) $\text{FeS} + 2 \text{HCl} \rightarrow$
- b) $\text{BaCl}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow$
- c) $\text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow$
- d) $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{HNO}_3 \rightarrow$

- a) $\text{FeS} + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{H}_2\text{S}$
 b) $\text{BaCl}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{BaSO}_4 + 2 \text{NaCl}$
 c) $\text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$
 d) $\text{Al}(\text{OH})_3 + 3 \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Al}(\text{NO}_3)_3 + 3 \text{H}_2\text{O}$

5 Las dos últimas reacciones químicas de la actividad anterior son reacciones de neutralización, que has estudiado en cursos anteriores.

- a) Indica en cada una de ellas cuál es el ácido y cuál es la base.
 b) Indica qué tipo de sustancias son los productos de este tipo de reacciones químicas.
 c) ¿Qué es la escala de pH?
 a) En la reacción del apartado (c), el ácido es HCl y la base NaOH; en la del apartado (d), el ácido es HNO₃ y la base Al(OH)₃.
 b) Los productos en ambos casos son una sal y agua.
 c) La escala de pH mide la concentración de iones H⁺ en una disolución, se define como $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$. Un $\text{pH} < 7$ indica carácter ácido de la disolución, por el contrario si el $\text{pH} > 7$, la disolución es básica.

6 A partir de la información dada, completa la ecuación química:

- a) Doble desplazamiento, $\text{Sn}(\text{OH})_2 + \text{FeBr}_3 \rightarrow$
 b) Desplazamiento, $\text{Mg} + \text{HCl} \rightarrow$
 c) Desplazamiento, $\text{Zn} + \text{Fe}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow$
 d) Síntesis, $4 \text{Al} + 3 \text{O}_2 \rightarrow$
 e) Descomposición, $2 \text{NaClO}_3 \rightarrow$

Las reacciones pedidas son:

- a) Doble desplazamiento, $3 \text{Sn}(\text{OH})_2 + 2 \text{FeBr}_3 \rightarrow 2 \text{Fe}(\text{OH})_3 + 3 \text{SnBr}_2$
 b) Desplazamiento, $\text{Mg} + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{MgCl}_2 + \text{H}_2$
 c) Desplazamiento, $\text{Zn} + \text{Fe}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{Fe} + \text{Zn}(\text{NO}_3)_2$
 d) Síntesis, $4 \text{Al} + 3 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{Al}_2\text{O}_3$
 e) Descomposición, $2 \text{NaClO}_3 \rightarrow 2 \text{NaCl} + 3 \text{O}_2$

7 Calcula la cantidad de sustancia presente en cada uno de los apartados. Utiliza para ello, las masas atómicas promedio del sistema periódico.

- a) Masa de 100 g de CaCO₃.
 b) Muestra de 115 g de pirita (mineral de sulfuro de hierro, FeS₂), con una riqueza del 60%.
 c) Un volumen de 250 mL de una disolución de ácido sulfúrico de densidad 1840 g/L y una riqueza del 96,4%.
 d) Un volumen de 50 L de O₂ medidos a una presión de 704 mmHg y temperatura de 25°C.

- a) Para calcular la cantidad de sustancia, es preciso calcular previamente la masa molar de CaCO₃; para ello utilizamos estos valores de las masas atómicas: $M(\text{Ca}) = 40,08 \text{ g/mol}$, $M(\text{O}) = 15,99 \text{ g/mol}$ y $M(\text{C}) = 12,01 \text{ g/mol}$. La masa molar resulta: $M(\text{Ca CO}_3) \approx 100 \text{ g/mol}$, por lo que:

$$n = \frac{m(\text{g})}{M\left(\frac{\text{g}}{\text{mol}}\right)} = \frac{100 \text{ g}}{100 \text{ g/mol}} = 1 \text{ mol}$$

b) Para calcular la cantidad de sustancia, es preciso calcular previamente la masa molar de FeS_2 ; para ello utilizamos estos valores de las masas atómicas: $M(\text{Fe}) = 55,85 \text{ g/mol}$ y $M(\text{S}) = 32,07 \text{ g/mol}$. La masa molar resulta: $M(\text{FeS}_2) = 119,99 \text{ g/mol} \approx 120 \text{ g/mol}$, por lo que:

$$115 \text{ g} \frac{60 \text{ g CaCO}_3}{100 \text{ g}} \cdot \frac{1 \text{ mol CaCO}_3}{120 \text{ g CaCO}_3} \approx 0,58 \text{ mol}$$

c) Para calcular la cantidad de sustancia, es preciso calcular previamente la masa molar de H_2SO_4 ; para ello utilizamos estos valores de las masas atómicas: $M(\text{O}) = 15,99 \text{ g/mol}$, $M(\text{H}) = 1,01 \text{ g/mol}$ y $M(\text{S}) = 32,07 \text{ g/mol}$. La masa molar resulta: $M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98,05 \text{ g/mol}$. Utilizando factores de conversión, denominando T a la disolución y A a la sustancia, al tratarse de relaciones de proporcionalidad:

$$0,250 \text{ L}_T \cdot \frac{1840 \text{ g}_T}{1 \text{ L}_T} \cdot \frac{96 \text{ g}_A}{100 \text{ g}_T} \cdot \frac{1 \text{ mol}_A}{98 \text{ g}_A} \approx 4,50 \text{ mol}$$

d) Aplicamos la ecuación de estado del gas ideal para las condiciones del enunciado, $V = 50 \text{ L}$, $p = 704 \text{ mmHg} = 0,96 \text{ atm}$ y $T = 25 \text{ }^\circ\text{C} = 298 \text{ K}$:

$$n_{\text{O}_2} = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} = \frac{0,96 \text{ atm} \cdot 50 \text{ L}}{0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 298 \text{ K}} \approx 1,90 \text{ mol}$$

8 El aluminio es un elemento químico muy abundante en la corteza terrestre, alrededor del 8% en masa. La forma más frecuente de encontrar este metal en la corteza es combinado con oxígeno, aunque existen otros compuestos conocidos desde la Antigüedad, como el sulfato de aluminio (empleado para fijar el color en los tejidos). Ordena de menor a mayor las siguientes muestras en función de la cantidad de átomos de aluminio que contengan:

- Muestra 1: 156 g de hidróxido de aluminio.
- Muestra 2: 153 g de óxido de aluminio.
- Muestra 3: 100 g de fosfato de aluminio.
- Muestra 4: 200 g de sulfato de aluminio.

Dato: $M(\text{Al}) = 26,98 \text{ g/mol}$.

Para ordenar de menor a mayor número de átomos de aluminio, es necesario calcular previamente la cantidad de sustancia y , para ello, a su vez, la masa molar de cada sustancia, donde i se refiere a cada sustancia:

$$n_i = \frac{m_i}{M_i}$$

La cantidad de átomos de cada muestra, expresada en mol, la obtenemos multiplicando la cantidad de sustancia por el número de átomos de aluminio en cada unidad fórmula, i , $N^\circ_{\text{Al}} = i \cdot n_i$

- Muestra 1: 156 g de hidróxido de aluminio, $M(\text{Al}(\text{OH})_3) = 77,98 \text{ g/mol}$, $n \approx 2,00 \text{ mol}$,

$$N^\circ_{\text{Al}} = 1 \cdot 2,00 = 2,00 \text{ mol de Al}$$

- Muestra 2: 153 g de óxido de aluminio, $M(\text{Al}_2\text{O}_3) = 101,93 \text{ g/mol}$, $n \approx 1,50 \text{ mol}$,

$$N^\circ_{\text{Al}} = 2 \cdot 1,50 = 3,00 \text{ mol de Al}$$

- Muestra 3: 100 g de fosfato de aluminio, $M(\text{AlPO}_3) = 121,91 \text{ g/mol}$, $n \approx 0,82 \text{ mol}$,

$$N^\circ_{\text{Al}} = 1 \cdot 0,82 = 0,82 \text{ mol de Al}$$

- Muestra 4: 200 g de sulfato de aluminio, $M(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 341,84 \text{ g/mol}$, $n \approx 0,59 \text{ mol}$.

$$N^\circ_{\text{Al}} = 2 \cdot 0,59 \approx 1,20 \text{ mol de Al}$$

En orden creciente de número de átomos de Al: muestra 2, muestra 1, muestra 4 y muestra 3.

9 El hexafluoruro de azufre es un compuesto que se utiliza como gas aislante en equipos para distribución de electricidad. Es un gas más denso que el aire por lo que se usa en «espectáculos científicos» para, aparentemente, hacer flotar «mágicamente» barquitos de papel en aire.

a)  Busca información sobre los problemas ambientales del hexafluoruro de azufre y valora lo adecuado de su uso en estos espectáculos.

b) Calcula cuántas moléculas de este gas se liberan al llenar una pecera de 5 dm³ en condiciones de presión atmosférica y 20°C.

Datos: $M(S) = 32,06$ g/mol; $M(F) = 18,99$ g/mol.

a) El hexafluoruro de azufre, SF₆, pertenece al grupo de gases fluorados que presentan un importante efecto invernadero. Se utiliza en refrigeración, extinción de incendios, aerosoles y en aislamiento térmico y eléctrico. Su uso en las últimas décadas se ha incrementado, pues es sustituto en algunas aplicaciones de los CFC que afectan negativamente a la capa de ozono. Se puede consultar información en la página del Ministerio para la Transición Ecológica:

<https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/fluorados.aspx>

b) Calculamos el número de moléculas a partir de la cantidad de sustancia gaseosa, aplicando para ello la ecuación de estado del gas ideal para las siguientes condiciones: $T = 20^\circ\text{C} = 293$ K, $p = 1$ atm y $V = 5$ L.

$$n_{\text{SF}_6} = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} = \frac{1 \text{ atm} \cdot 5 \text{ L}}{0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 296 \text{ K}} \approx 0,21 \text{ mol}$$

El número de moléculas se obtiene multiplicando la cantidad de sustancia en mol por la constante de Avogadro:

$$N_{\text{SF}_6} = n_{\text{SF}_6} \cdot N_{\text{Av}} = 0,21 \cdot 6,022 \cdot 10^{23} = 1,23 \cdot 10^{23} \text{ moléculas}$$

10  **Folio giratorio.** El número de Avogadro ha sido siempre sujeto de muchas curiosidades y comparativas por su valor y su historia. Por ejemplo, la altura que alcanzaría una torre de un mol de folios apilados o cómo hacer billonarios a todos los habitantes de la zona euro. Incluso, similitudes entre su nombre y el de alguna fruta (mejor pensarlo en inglés). En equipo, buscad más ejemplos y cread una presentación para mostrarla al resto del aula.

Recomiende a su alumnado la consulta del documento disponible en anayaeducacion.es, en el que se explica cómo aplicar la técnica de aprendizaje cooperativo «Folio giratorio», sugerida en el enunciado.

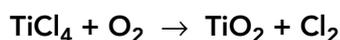
Respuesta abierta.

Página 111

Cálculos estequiométricos

11 Los usos del dióxido de titanio son variados. Entre ellos, podemos destacar su aplicación como absorbente de radiación UV en protectores solares.

Una reacción de síntesis de dióxido de titanio parte del tetracloruro de titanio como reactivo:



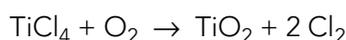
a) Ajusta la ecuación química.

b) Calcula las masas molares de los compuestos de titanio de la reacción.

- c) Calcula la cantidad de tetracloruro de titanio (en mol) a la que corresponden 237,5 g.
- d) ¿Podemos afirmar que se formarán 237,5 g de óxido de titanio si reacciona esa misma masa de tetracloruro de titanio? Explica tu respuesta.
- e) Busca información sobre los efectos en la salud y el medioambiente del óxido de titanio.
- f)  Estudios científicos indican que el dióxido de titanio liberado en los ambientes marinos puede ser perjudicial para ciertas especies. ¿De qué manera? Busca información sobre el **objetivo 14** y di cómo podría reducirse la producción de este compuesto para conseguirlo.

Datos: $M(\text{Ti}) = 47,90 \text{ g/mol}$; $M(\text{Cl}) = 35,45 \text{ g/mol}$; $M(\text{O}) = 15,99 \text{ g/mol}$.

- a) La ecuación química ajustada es:



- b) Para ello, utilizamos las masas molares siguientes: $M(\text{Ti}) = 47,87 \text{ g/mol}$; $M(\text{O}) = 15,99 \text{ g/mol}$ y $M(\text{Cl}) = 35,45 \text{ g/mol}$. Obtenemos, $M(\text{TiCl}_4) = 47,87 + 4 \cdot 35,45 = 189,67 \text{ g/mol}$ y $M(\text{TiO}_2) = 47,87 + 2 \cdot 15,99 = 79,85 \text{ g/mol}$.

- c) Utilizamos la definición de masa molar:

$$n_A = \frac{m_A}{M_A} = \frac{237,5 \text{ g}}{189,67 \text{ g/mol}} \approx 1,25 \text{ mol}$$

- d) A la vista del apartado anterior, la masa de tetracloruro de titanio corresponde a 1,25 mol. Según la relación estequiométrica se obtienen, a su vez, 1,25 mol de dióxido de titanio, pero no corresponden a la misma masa de tetracloruro de titanio, pues la masa molar de estas dos sustancias es diferente.
- e) y f) La liberación de nanopartículas de óxido de titanio a los ecosistemas acuáticos, procedentes de las cremas de protección solar está afectando, entre otros, a los corales marinos. Hay abundante información al respecto.

Su alumnado puede visualizar en anayaeducacion.es los vídeos en los que se ofrece información relativa al objetivo 14 de los ODS antes de responder a esta cuestión.

12 El ácido nítrico se utiliza en la fabricación de fertilizantes como el nitrato de amonio. La síntesis del ácido nítrico tiene lugar al reaccionar óxido de nitrógeno(IV) con agua obteniéndose como productos el ácido nítrico y el monóxido de nitrógeno.

- a) Escribe y ajusta la ecuación química que representa esta reacción.
- b) Calcula la cantidad de agua que reacciona con un mol de óxido de nitrógeno(IV).
- c) Indica cuáles de las sustancias que intervienen en la reacción anterior son gases.
- d)  Además de tener usos imprescindibles en la industria, el ácido nítrico en disolución acuosa es uno de los contaminantes más potentes que forman parte de la atmósfera. De hecho, es uno de los principales componentes de la lluvia ácida. Elabora un informe de investigación en el que recojas las fuentes de emisión de este ácido, cómo ataca a nuestro planeta y las consecuencias que tiene a corto, medio y largo plazo.

Datos: $M(\text{H}) = 1,01 \text{ g/mol}$; $M(\text{N}) = 14,01 \text{ g/mol}$; $M(\text{O}) = 15,99 \text{ g/mol}$.

- a) La ecuación química ajustada es: $3 \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{HNO}_3 + \text{NO}$
- b) La sustancia dato es NO_2 , de la que se conoce la cantidad de sustancia, $n_{\text{NO}_2} = 1 \text{ mol}$. A partir de este dato, calculamos la cantidad de sustancia incógnita, H_2O ; para ello, utilizamos los coeficientes estequiométricos. El coeficiente de la sustancia dato es $a = 3$, y el de la sustancia incógnita, $b = 1$; por tanto:

$$n_B = n_A \cdot \frac{b}{a} = 1 \text{ mol} \cdot \frac{1}{3} \approx 0,33 \text{ mol}$$

- c) Las sustancias gaseosas son los óxidos de nitrógeno, NO_2 y NO .

- d) En anayaeducacion.es, su alumnado puede consultar información sobre cómo escribir un informe de investigación, dentro del apartado dedicado a la clave Plan Lingüístico en la sección de recursos relacionados con las claves del proyecto.

Se puede consultar información en <https://www.investigacionyciencia.es/blogs/fisica-y-quimica/39/posts/la-lluvia-acida-hoy-13261>.

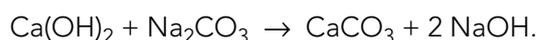
Cálculos estequiométricos en masa

13 La reacción entre el hidróxido de calcio y el carbonato de sodio es una reacción de doble desplazamiento.

- Escribe y ajusta la ecuación química.
- Calcula la masa de carbonato de sodio que es necesaria para que se produzcan 2,5 kg de hidróxido de sodio.
- Calcula la masa de carbonato de calcio que se ha formado.
- Calcula la masa de hidróxido de calcio que ha reaccionado. ¿Qué ley ponderal has aplicado?

Datos: $M(\text{Ca}) = 40,08 \text{ g/mol}$; $M(\text{Na}) = 22,99 \text{ g/mol}$; $M(\text{C}) = 12,01 \text{ g/mol}$;
 $M(\text{O}) = 15,99 \text{ g/mol}$; $M(\text{H}) = 1,01 \text{ g/mol}$.

- a) La ecuación química ajustada es:



- b) La sustancia dato es NaOH, cuya masa es $m_a = 2,5 \text{ kg} = 2500 \text{ g}$. La sustancia incógnita, b , es Na_2CO_3 . Aplicamos el esquema de cálculo

1. Cálculo de la cantidad de sustancia dato.

Para ello, calculamos previamente la masa molar, $M(\text{NaOH}) = 39,99 \text{ g/mol}$:

$$n_a = \frac{m_a}{M_a} = \frac{2500 \text{ g}}{39,99 \text{ g/mol}} \approx 62,5 \text{ mol}$$

2. Cálculo de la cantidad de sustancia incógnita, n_b .

Para ello, utilizamos los coeficientes estequiométricos: para la sustancia dato, $a = 2$, y para la sustancia incógnita, $b = 1$.

$$n_b = n_a \cdot \frac{b}{a} = 62,5 \text{ mol} \cdot \frac{1}{2} \approx 31,3 \text{ mol}$$

3. Por último, calculamos la magnitud incógnita; en este caso, la masa, m_b .

Para ello, calculamos previamente la masa molar de la sustancia incógnita:

$$M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 105,96 \text{ g/mol}$$

$$m_b = n_b \cdot M = 31,3 \text{ mol} \cdot 105,96 \text{ g/mol} \approx 3300 \text{ g} = 3,3 \text{ kg}$$

- c) La sustancia dato es NaOH, cuya masa es $m_a = 2,5 \text{ kg} = 2500 \text{ g}$. La sustancia incógnita, b , es CaCO_3 . Aplicamos el esquema de cálculo:

1. Cálculo de la cantidad de sustancia dato.

Para ello, calculamos previamente la masa molar, $M(\text{NaOH}) = 39,99 \text{ g/mol}$:

$$n_a = \frac{m_a}{M_a} = \frac{2500 \text{ g}}{39,99 \text{ g/mol}} \approx 62,5 \text{ mol}$$

2. Cálculo de la cantidad de sustancia incógnita, n_b .

Para ello, utilizamos los coeficientes estequiométricos: para la sustancia dato, $a = 1$, y para la sustancia incógnita, $b = 1$.

$$n_b = n_a \cdot \frac{b}{a} = 62,5 \text{ mol} \cdot \frac{1}{1} = 62,5 \text{ mol}$$

3. Por último, calculamos la magnitud incógnita; en este caso, la masa, m_b .

Para ello, calculamos previamente la masa molar de la sustancia incógnita:

$$M(\text{CaCO}_3) = 100,06 \text{ g/mol.}$$

$$m_b = n_b \cdot M = 62,5 \text{ mol} \cdot 100,06 \text{ g/mol} \approx 6300 \text{ g} = 6,3 \text{ kg}$$

d) Aplicando la ley de conservación de la masa, obtenemos:

$$m_{\text{Ca(OH)}_2} + 3300 \text{ g} = 6300 \text{ g} + 2500 \text{ g}, \text{ por tanto, } m_{\text{Ca(OH)}_2} = 5500 \text{ g}$$

14 La fermentación de la glucosa para producir etanol puede expresarse de acuerdo con la siguiente ecuación química:



a) Calcula la masa de etanol que se produce a partir de 1000 kg de glucosa.

b) Calcula la masa de etanol que se produce a partir de la fermentación de 1000 kg de una materia prima que contiene un 60% de riqueza de glucosa.

Datos: $M(\text{C}) = 12,01 \text{ g/mol}$; $M(\text{O}) = 15,99 \text{ g/mol}$; $M(\text{H}) = 1,01 \text{ g/mol}$.

a) La ecuación química ajustada es $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2 \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + 2 \text{CO}_2$

b) La sustancia dato es $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, cuya masa es $m_a = 1000 \text{ kg} = 10^6 \text{ g}$. La sustancia incógnita, b , es $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$. Aplicamos el esquema de cálculo:

1. Cálculo de la cantidad de sustancia dato.

Para ello, calculamos previamente la masa molar, $M(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 180,12 \text{ g/mol}$:

$$n_a = \frac{m_a}{M_a} = \frac{10^6 \text{ g}}{180,12 \text{ g/mol}} \approx 5,552 \cdot 10^3 \text{ mol}$$

2. Cálculo de la cantidad de sustancia incógnita, n_b .

Para ello, utilizamos los coeficientes estequiométricos: para la sustancia dato, $a = 1$, y para la sustancia incógnita, $b = 2$.

$$n_b = n_a \cdot \frac{b}{a} = 5,552 \cdot 10^3 \text{ mol} \cdot \frac{2}{1} \approx 1,1104 \cdot 10^4 \text{ mol}$$

3. Por último, calculamos la magnitud incógnita, en este caso la masa, m_b .

Para ello, calculamos previamente la masa molar de la sustancia incógnita:

$$M(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) = 46,07 \text{ g/mol.}$$

$$m_b = n_b \cdot M = 1,1104 \cdot 10^4 \text{ mol} \cdot 46,07 \text{ g/mol} \approx 5,115 \cdot 10^5 \text{ g} = 511,5 \text{ kg}$$

c) Aplicamos el 60% a la masa de la muestra para obtener la masa de la sustancia dato y repetimos el mismo esquema; por tanto, la masa de etanol obtenida será el 60% de la masa obtenida en el apartado anterior, que corresponde a 306,9 kg.

15 Tomar y revelar una fotografía en blanco y negro conlleva realizar varias reacciones químicas:

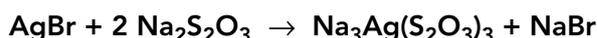
- Activación del ion plata, presente en la película fotográfica, por acción de la luz:



- Reducción del ion plata por acción de hidroquinona ($\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_2$):



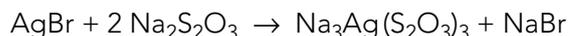
- Eliminación del bromuro de plata sobrante mediante reacción con un fijador (también llamado «hypo»):



a) ¿Qué masa de fijador es necesaria para eliminar de la fotografía 0,15 g de bromuro de plata?

b)  Investiga sobre la evolución del revelado fotográfico a lo largo de la historia. Piensa en cómo ha cambiado la fotografía en los últimos años, desde el papel al digital y a la impresión instantánea desde el teléfono móvil. ¿Crees que los productos químicos que se utilizaban para revelar en papel eran tóxicos? ¿Cuál era la importancia de la luz en este proceso?

a) La ecuación química ajustada es:



La sustancia dato es AgBr, cuya masa es $m_a = 0,15 \text{ g}$. La sustancia incógnita, b , es $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. Aplicamos el esquema de cálculo:

1. Cálculo de la cantidad de sustancia dato; para ello, calculamos previamente la masa molar, $M(\text{AgBr}) = 187,77 \text{ g/mol}$:

$$n_a = \frac{m_a}{M_a} = \frac{0,15 \text{ g}}{187,77 \text{ g/mol}} \approx 8,00 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

2. Cálculo de la cantidad de sustancia incógnita, n_b .

Para ello, utilizamos los coeficientes estequiométricos: para la sustancia dato, $a = 1$, y para la sustancia incógnita, $b = 2$.

$$n_b = n_a \cdot \frac{b}{a} = 8,00 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \frac{2}{1} \approx 1,60 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

3. Por último, calculamos la magnitud incógnita; en este caso, la masa, m_b .

Para ello, calculamos previamente la masa molar de la sustancia incógnita:

$$M(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 158,08 \text{ g/mol}.$$

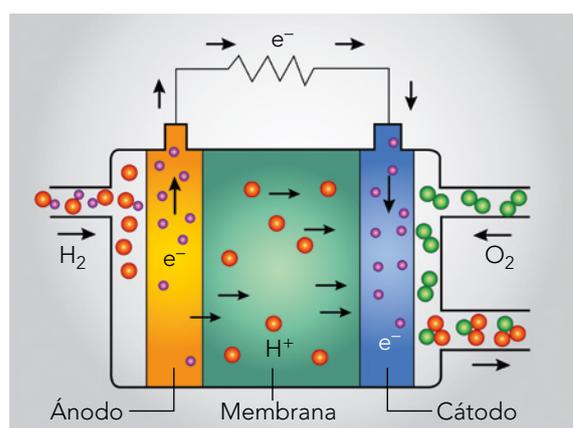
$$m_b = n_b \cdot M = 1,60 \cdot 10^{-3} \cdot \text{mol} \frac{158,08 \text{ g}}{\text{mol}} = 2,53 \cdot 10^{-1} \text{ g}$$

b) Se pueden consultar estas páginas: <https://photo-museum.org/es/historia-fotografia/>

Página 112

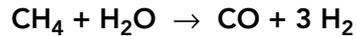
Reactivos y productos gaseosos

16 El hidrógeno se considera un mejor vector energético frente a derivados del petróleo (combustibles fósiles), ya que no genera dióxido de carbono al producir energía, sino tan solo vapor de agua. Esta transformación se da en una celda de combustible como la que ves a continuación:



Las celdas de combustible se utilizan para hacer funcionar motores eléctricos.

Su principal desventaja es la pureza que requiere el hidrógeno para poder ser utilizado. Una de las formas de obtenerlo es el reformado del metano, cuya ecuación química es:



- Calcula el volumen de metano necesario para producir 150 m³ de hidrógeno medido a 100 °C y 2 atm.
- ¿Qué cantidad de CO se produce?
- Investiga sobre otras alternativas para producir hidrógeno a partir de otras materias primas.
- Indica si es acertado afirmar que el hidrógeno es un combustible.

- La ecuación química ajustada es $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + 3 \text{H}_2$

La sustancia incógnita es el metano, CH₄, del que nos piden calcular el volumen, V_b. La sustancia dato es el hidrógeno, H₂, cuyo volumen (V_a = 150 m³ = 1,5 · 10⁵ L), medido a T = 100 °C = 373 K y p = 2 atm, conocemos. A falta de datos de condiciones de presión y temperatura a las que se mide el volumen de metano, establecemos que son las mismas a las que se mide el volumen de hidrógeno; por tanto, la relación entre las cantidades de ambas sustancias será la misma que entre sus volúmenes.

A partir de la ecuación química ajustada obtenemos:

$$\frac{n_b}{n_a} = \frac{1}{3}$$

Por tanto, la relación entre los volúmenes será 1/3:

$$\frac{V_b}{V_a} = \frac{1}{3}, \text{ despejando, obtenemos: } V_b = \frac{V_a}{3} = \frac{1,5 \cdot 10^5 \text{ L}}{3} = 5,0 \cdot 10^4 \text{ L}$$

- La sustancia dato es el hidrógeno, H₂, cuyo volumen (V_a = 150 m³ = 1,5 · 10⁵ L), medido a T = 100 °C = 373 K y p = 2 atm, conocemos. La sustancia incógnita es el monóxido de carbono, CO; el cálculo pedido es la cantidad de esta sustancia, n_{CO}.

Seguimos el esquema de cálculo:

- Cálculo de la cantidad de sustancia dato.

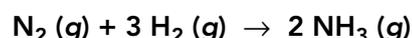
Utilizamos la ecuación de estado del gas ideal: $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$; despejando la cantidad de sustancia y sustituyendo los valores del enunciado:

$$n_{\text{CH}_4} = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} = \frac{2 \text{ atm} \cdot 1,5 \cdot 10^5 \text{ L}}{0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 373 \text{ K}} \approx 9,81 \cdot 10^4 \text{ mol}$$

- Cálculo de la cantidad de sustancia incógnita; observamos que los coeficientes de ambas sustancias son iguales; por tanto: $a = b \Rightarrow n_a = n_b = 9,81 \cdot 10^4 \text{ mol}$.

- La producción de hidrógeno con fines energéticos está descrita por ejemplo en: www.fundacionenergia.es.
- Realmente la reacción que tiene lugar en una célula de combustible no es una combustión, sino una reacción de síntesis de agua.

17 Una de las reacciones en la cual todas las sustancias que intervienen están en estado gaseoso es la síntesis de amoníaco a partir de hidrógeno y nitrógeno. Esta síntesis es una reacción lenta, por lo que es necesaria la presencia de un catalizador:



- Define qué es un catalizador y su función en una reacción química.
-  Busca información sobre el proceso Haber-Bosch y la importancia de fijar el nitrógeno atmosférico para su uso como fertilizante.

c) **Calcula el volumen, medido en las condiciones del proceso Haber-Bosch, 400 °C y 200 atm, que se obtiene a partir de 60 mol de hidrógeno.**

a) Un catalizador es una sustancia que rebaja la energía de activación de una reacción química permitiendo así que esta tenga lugar en condiciones más moderadas de temperatura y/o presión.

b) El proceso Haber-Bosch es un procedimiento industrial de síntesis de amoníaco que utiliza un catalizador de hierro. La fijación del nitrógeno del aire es relevante, pues así se cierra el ciclo de este elemento incorporándolo al suelo. El amoníaco es materia prima en la fabricación de fertilizantes.

c) La ecuación química ajustada es: $N_2(g) + 3 H_2(g) \rightarrow 2 NH_3(g)$

La sustancia dato es el hidrógeno, H_2 , $n_a = 60$ mol; la sustancia incógnita es el amoníaco, NH_3 . La magnitud observable pedida es el volumen, V_b , medido a $T = 400\text{ °C} = 673\text{ K}$ y $p = 200\text{ atm}$.

Calculamos la cantidad de sustancia incógnita, n_b , utilizando los coeficientes estequiométricos: para la sustancia dato, $a = 3$, y para la sustancia incógnita, $b = 2$.

$$n_b = n_a \cdot \frac{b}{a} = 60\text{ mol} \cdot \frac{2}{3} = 40\text{ mol}$$

Para calcular la magnitud observable, el volumen, haremos una aproximación, pues utilizaremos la ecuación de estado del gas ideal para una situación que excede las condiciones de aplicabilidad de esta ecuación de estado, ya que la presión es mucho mayor que 1 atm.

$$V = \frac{n \cdot R \cdot T}{p} = \frac{40\text{ mol} \cdot 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 673\text{ K}}{200\text{ atm}} \approx 11\text{ L}$$

Reactivos y productos en disolución

18 Una reacción de precipitación consiste en la formación de un sólido poco soluble. Una de las más vistosas es la precipitación del yoduro de plomo(II) a partir de nitrato de plomo(II) y yoduro de potasio.

a) Escribe la ecuación química del proceso y clasifícala atendiendo a la reordenación de entidades elementales.

b) Calcula la masa de yoduro de plomo(II) que se obtiene si reaccionan completamente 100 mL de una disolución 0,8 M de nitrato de plomo(II).

c) Calcula la masa de yoduro de potasio necesario para preparar 100 mL de disolución de tal modo que reaccionaran completamente los 100 mL de la disolución del apartado anterior.

d) ¿Qué técnica de separación utilizarías para recuperar el yoduro de plomo formado?



Datos: $M(I) = 126,90\text{ g/mol}$; $M(Pb) = 207,19\text{ g/mol}$; $M(N) = 14,01\text{ g/mol}$;
 $M(O) = 15,99\text{ g/mol}$; $M(K) = 39,10\text{ g/mol}$.

- a) La ecuación química es: $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + 2 \text{KI} \rightarrow \text{PbI}_2 + 2 \text{KNO}_3$.
- b) La sustancia dato es el nitrato de plomo(II), $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, que se encuentra en disolución acuosa, $V_A = 100 \text{ mL} = 0,100 \text{ L}$ con una concentración $M_A = 0,8 \text{ mol/L}$. La sustancia incógnita es el yoduro de plomo(II), PbI_2 ; la magnitud observable pedida es la masa, m_B . Aplicamos el esquema de cálculo:

1. Cálculo de la cantidad de sustancia dato:

$$n_A (\text{mol}) = M_A \left(\frac{\text{mol}}{\text{L}} \right) \cdot V_A (\text{L}) = 0,8 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,1 \text{ L} = 8 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

2. Calculamos la cantidad de sustancia incógnita, n_B , utilizando los coeficientes estequiométricos: para la sustancia dato, $a = 3$, y para la sustancia incógnita, $b = 1$.

$$n_B = n_A \cdot \frac{b}{a} = 8 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot 1 = 8 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

3. Por último, calculamos la magnitud incógnita; en este caso, la masa, m_B . Para ello, calculamos previamente la masa molar de la sustancia incógnita, $M(\text{PbI}_2) = 460,99 \text{ g/mol}$.

$$m_B = n_B \cdot M = 8 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \frac{460,99 \text{ g}}{\text{mol}} \approx 37 \text{ g}$$

- c) La sustancia dato es el nitrato de plomo(II), $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, que se encuentra en disolución acuosa, $V_A = 100 \text{ mL} = 0,100 \text{ L}$ con una concentración $M_A = 0,8 \text{ mol/L}$. La sustancia incógnita es el yoduro de potasio, KI ; la magnitud observable pedida es la masa, m_B . Aplicamos el esquema de cálculo:

1. Cálculo de la cantidad de sustancia dato:

$$n_A (\text{mol}) = M_A \left(\frac{\text{mol}}{\text{L}} \right) \cdot V_A (\text{L}) = 0,8 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,1 \text{ L} = 8 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

2. Calculamos la cantidad de sustancia incógnita, n_B , utilizando los coeficientes estequiométricos: para la sustancia dato, $a = 3$, y para la sustancia incógnita, $b = 2$.

$$n_B = n_A \cdot \frac{b}{a} = 8 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \frac{2}{1} = 1,6 \cdot 10^{-1} \text{ mol}$$

3. Por último, calculamos la magnitud incógnita; en este caso, la masa, m_B .

Para ello, calculamos previamente la masa molar de la sustancia incógnita, $M(\text{KI}) = 157,00 \text{ g/mol}$.

$$m_B = n_B \cdot M = 1,6 \cdot 10^{-1} \text{ mol} \cdot \frac{157,00 \text{ g}}{\text{mol}} \approx 25 \text{ g}$$

La molaridad de la disolución de KI será:

$$M = \frac{n (\text{mol})}{V (\text{L})} = \frac{1,6 \cdot 10^{-1} \text{ mol}}{0,1 \text{ L}} = 1,6 \text{ mol/L}$$

- d) Para separar el precipitado formado, utilizaría una centrifugación y posterior decantación.

19 Se desea determinar la concentración de una disolución de ácido clorhídrico a partir de una volumetría ácido-base, utilizando para ello una disolución de hidróxido de sodio de concentración 0,25 M.

a) Escribe la ecuación química de la neutralización.

b)  Sin hacer cálculos, determina la concentración de la disolución de ácido clorhídrico si 100 mL de la misma reaccionan completamente con 50 mL de la disolución de hidróxido de sodio.

c)  Piensa y comparte en pareja. Comprueba tu respuesta del apartado anterior. ¿Cómo cambiaría el resultado si la estequiometría de la reacción fuera 2 : 1 para el ácido frente a la base?

En anayaeducacion.es, su alumnado puede consultar un documento que explica cómo aplicar la técnica «Piensa y comparte en pareja», que sugerimos para resolver el tercer apartado de esta actividad.

a) La ecuación química es: $\text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$.

b) La sustancia dato es NaOH, cuya disolución acuosa tiene estos datos: $M_A = 0,25 \text{ mol/L}$; $V_A = 50 \text{ mL}$. Observando la estequiometría de la reacción concluimos que la cantidad de sustancia de ambos reactivos es la misma; por otra parte, observamos que $V_B = 100 \text{ mL}$, por tanto $V_B = 2 V_A$; en resumen:

$$a = b$$

$$n_A = n_B$$

$$V_A \cdot M_A = V_B \cdot M_B$$

$$V_A \cdot M_A = 2 V_A \cdot M_B$$

Por tanto:

$$M_A = 2 \cdot M_B = 0,50 \text{ mol/L}$$

c) Si la estequiometría fuera 2 : 1, es decir $b : a = 2 : 1$, dado que el ácido es la sustancia incógnita, resultaría:

$$a = 1; \quad b = 2$$

$$n_B = n_A \cdot \frac{b}{a} = 2 \cdot n_A$$

$$n_B = V_B \cdot M_B = 2 \cdot V_A \cdot M_A$$

Si el volumen de la disolución de ácido (V_B) es doble que el de la base (V_A):

$$V_B = 2 \cdot V_A$$

Combinando las dos últimas expresiones:

$$2 \cdot V_A \cdot M_B = 2 \cdot V_A \cdot M_A$$

$$M_A = M_B = 0,25 \text{ mol/L}$$

20 Calcula el volumen de disolución de ácido sulfúrico 3 M necesario para neutralizar 225 mL de una disolución 2 M de hidróxido de sodio.

La ecuación química es: $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2 \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$.

La sustancia dato es NaOH, cuya disolución acuosa tiene estos datos: $M_A = 2 \text{ mol/L}$; $V_A = 225 \text{ mL}$.

La sustancia incógnita es H_2SO_4 , $M_B = 3 \text{ mol/L}$. Aplicamos la secuencia de cálculos:

1. Cálculo de la cantidad de sustancia dato:

$$n_A (\text{mol}) = M_A \left(\frac{\text{mol}}{\text{L}} \right) \cdot V_A (\text{L}) = 2 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,225 \text{ L} = 0,450 \text{ mol}$$

2. Calculamos la cantidad de sustancia incógnita, n_B , utilizando los coeficientes estequiométricos: para la sustancia dato, $a = 2$, y para la sustancia incógnita, $b = 1$:

$$n_B = n_A \cdot \frac{b}{a} = 0,450 \text{ mol} \cdot \frac{1}{2} = 0,225 \text{ mol}$$

3. Calculamos la magnitud observable de la sustancia incógnita; en este caso, el volumen de la disolución que lo contiene:

$$V (\text{L}) = \frac{n (\text{mol})}{M} = \frac{0,225 \text{ mol}}{3 \frac{\text{mol}}{\text{L}}} = 8 \cdot 10^{-4} \text{ L} = 0,8 \text{ mL}$$

21 La reacción de cloruro de níquel(II) con hidróxido de sodio es una reacción de doble desplazamiento.

- Escribe la ecuación química ajustada.
- Calcula la cantidad de hidróxido de níquel(II) que se forma a partir de la reacción de 200 mL de una disolución 0,100 M de cloruro de níquel(II) con suficiente hidróxido de sodio.

Datos: $M(\text{Cl}) = 35,45 \text{ g/mol}$; $M(\text{Ni}) = 58,71 \text{ g/mol}$; $M(\text{Na}) = 22,99 \text{ g/mol}$;
 $M(\text{O}) = 15,99 \text{ g/mol}$; $M(\text{H}) = 1,01 \text{ g/mol}$.

- La ecuación química es: $\text{NiCl}_2 + 2 \text{NaOH} \rightarrow 2 \text{NaCl} + \text{Ni}(\text{OH})_2$.
- La sustancia dato es NiCl_2 , cuya disolución acuosa tiene estos datos: $M_A = 0,100 \text{ mol/L}$; $V_A = 200 \text{ mL}$.

La sustancia incógnita es $\text{Ni}(\text{OH})_2$, de la que se pide la cantidad de sustancia. Aplicamos la secuencia de cálculos:

- Cálculo de la cantidad de sustancia dato:

$$n_A (\text{mol}) = M_A \left(\frac{\text{mol}}{\text{L}} \right) \cdot V_A (\text{L}) = 0,100 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,200 \text{ L} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

- Calculamos la cantidad de sustancia incógnita, n_B , utilizando los coeficientes estequiométricos: para la sustancia dato, $a = 1$, y para la sustancia incógnita, $b = 1$.

$$n_B = n_A \cdot \frac{b}{a} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \frac{1}{1} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

Reactivo limitante

22 En un vaso de precipitados se han dispuesto 2 g de aluminio en virutas. Una vez tapado, mediante un orificio acanalado se echan 100 mL de una disolución 1,0 M de HCl. El gas formado se recoge mediante burbujeo en otro recipiente. Sabiendo que la reacción es un desplazamiento de hidrógeno por el metal:

- Escribe y ajusta la reacción química.
- Calcula la masa de tricloruro de aluminio que se ha formado.
- Calcula el volumen de H_2 recogido sabiendo que la temperatura es de 20°C y la presión de 1 atm.
- ¿Qué sustancia química ha quedado en el vaso de precipitados sin reaccionar?
- Haz un dibujo del montaje que tendrías que hacer en el laboratorio para poder recoger los dos productos de reacción.

Datos: $M(\text{Al}) = 26,98 \text{ g/mol}$; $M(\text{H}) = 1,01 \text{ g/mol}$; $M(\text{Cl}) = 35,45 \text{ g/mol}$.

- La ecuación química es: $2 \text{Al} (\text{s}) + 6 \text{HCl} (\text{aq}) \rightarrow 3 \text{H}_2 (\text{g}) + 2 \text{AlCl}_3 (\text{aq})$
- La sustancia dato es el reactivo limitante, para identificarlo comparamos $\left(\frac{n_{\text{HCl}}}{n_{\text{Al}}} \right)_{\text{Real}}$ con $\left(\frac{n_{\text{HCl}}}{n_{\text{Al}}} \right)_{\text{Esteq}} = \frac{6}{2} = 3$.

Calculamos n_{HCl} , a partir del volumen y la molaridad de la disolución que contiene esta sustancia:

$$n_{\text{HCl}} (\text{mol}) = M_{\text{HCl}} \left(\frac{\text{mol}}{\text{L}} \right) \cdot V_{\text{HCl}} (\text{L}) = 1,0 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,100 \text{ L} = 0,1 \text{ mol}$$

Calculamos n_{Al} , a partir de la masa, $m = 2 \text{ g}$, y la masa molar, $M(\text{Al}) = 26,98 \text{ g/mol}$.

$$n_{\text{Al}} = \frac{m_{\text{Al}}}{M_{\text{Al}}} = \frac{2 \text{ g}}{26,98 \text{ g/mol}} \approx 0,07 \text{ mol}$$

$$\left(\frac{n_{\text{HCl}}}{n_{\text{Al}}}\right)_{\text{Real}} = \frac{0,1 \text{ mol}}{0,07 \text{ mol}} = 1,4 < \left(\frac{n_{\text{HCl}}}{n_{\text{Al}}}\right)_{\text{Esteq}} = 3$$

Por tanto, el reactivo limitante es HCl, y, por tanto, la sustancia dato. Aplicamos el esquema de cálculo a partir de la cantidad de sustancia dato.

La sustancia incógnita es el tricloruro de aluminio, AlCl_3 , cuya magnitud observable pedida es la masa, m_{B} .

1. Cantidad de sustancia dato, $n_{\text{A}} = 0,1 \text{ mol}$.
2. Cálculo de cantidad de sustancia incógnita, n_{B} , utilizando los coeficientes estequiométricos: para la sustancia dato, $a = 6$, y para la sustancia incógnita, $b = 2$.

$$n_{\text{B}} = n_{\text{A}} \cdot \frac{b}{a} = 0,1 \text{ mol} \cdot \frac{2}{6} \approx 0,03 \text{ mol}$$

3. Cálculo de la magnitud observable de la sustancia incógnita, m_{B} ; para ello es necesario calcular previamente la masa molar de la sustancia, $M(\text{AlCl}_3) = 133,3 \text{ g/mol}$.

$$m_{\text{B}} = n_{\text{B}} \cdot M = 0,03 \text{ mol} \cdot 133,3 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 4 \text{ g}$$

- c) La sustancia incógnita es el hidrógeno, H_2 , cuya magnitud observable pedida es el volumen, V_{B} , medido a $T = 20 \text{ }^\circ\text{C} = 293 \text{ K}$ y $p = 1 \text{ atm}$.

1. Cantidad de sustancia dato, $n_{\text{A}} = 0,1 \text{ mol}$.
2. Cálculo de cantidad de sustancia incógnita, n_{B} , utilizando los coeficientes estequiométricos: para la sustancia dato, $a = 6$, y para la sustancia incógnita, $b = 3$.

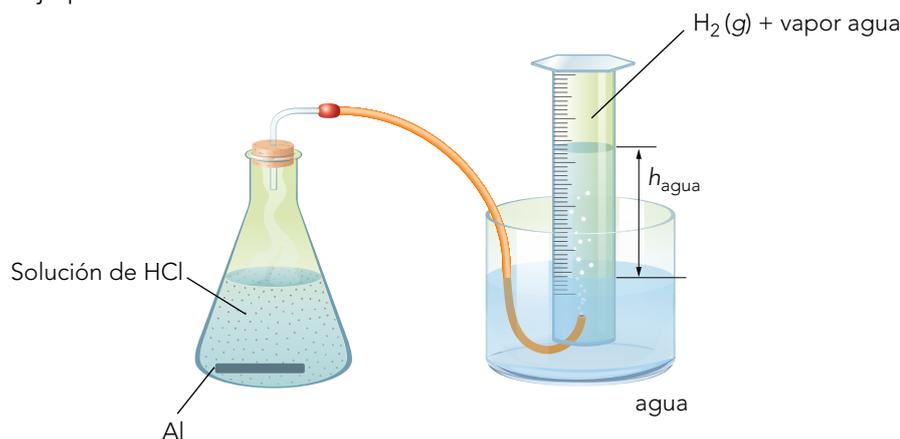
$$n_{\text{B}} = n_{\text{A}} \cdot \frac{b}{a} = 0,1 \text{ mol} \cdot \frac{3}{6} = 0,05 \text{ mol}$$

3. Cálculo de la magnitud observable de la sustancia incógnita, V_{B} :

$$V = \frac{n \cdot R \cdot T}{p} = \frac{0,05 \text{ mol} \cdot 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 293 \text{ K}}{1 \text{ atm}} \approx 1,2 \text{ L}$$

- d) La sustancia que queda sin reaccionar es la que está en exceso, el aluminio, de la que sobran $0,07 \text{ mol} - 0,03 \text{ mol} = 0,04 \text{ mol}$.

- e) El montaje podría ser así:



23 Establece cuál es el reactivo limitante en la reacción de aluminio con yoduro de aluminio en los siguientes casos:

a) Caso 1: 2,40 mol de Al y 4,80 mol de I₂.

b) Caso 2: 2,40 mol de I₂ y 4,80 mol de Al.

Calcula la masa de yoduro de aluminio formada en cada caso.

Datos: $M(I) = 126,90 \text{ g/mol}$; $M(Al) = 26,98 \text{ g/mol}$.

La ecuación química es: $2 \text{ Al} + 3 \text{ I}_2 \rightarrow 2 \text{ AlI}_3$

a) Caso 1: comparamos $\left(\frac{n_{I_2}}{n_{Al}}\right)_{\text{Real}} = \frac{4,80}{2,40} > \left(\frac{n_{I_2}}{n_{Al}}\right)_{\text{Esteq}} = \frac{3}{2}$; por tanto, el reactivo limitante es el aluminio.

b) Caso 2: comparamos $\left(\frac{n_{I_2}}{n_{Al}}\right)_{\text{Real}} = \frac{2,40}{4,80} < \left(\frac{n_{I_2}}{n_{Al}}\right)_{\text{Esteq}} = \frac{3}{2}$; por tanto, el reactivo limitante es el yodo.

Caso 1.

La sustancia dato es el aluminio. Aplicamos la secuencia de cálculos desde la cantidad de sustancia de aluminio:

1. Cantidad de sustancia dato, $n_A = 2,40 \text{ mol}$.
2. Cálculo de la cantidad de sustancia incógnita, n_B , utilizando los coeficientes estequiométricos: para la sustancia dato, $a = 2$, y para la sustancia incógnita, $b = 2$.

$$n_B = n_A \cdot \frac{b}{a} = 2,40 \text{ mol} \cdot \frac{2}{2} = 2,40 \text{ mol}$$

3. Cálculo de la magnitud observable de la sustancia incógnita, m_B ; para ello, es necesario calcular previamente la masa molar de la sustancia, $M(\text{AlI}_3) = 407,7 \text{ g/mol}$.

$$m_B = n_B \cdot M = 2,40 \text{ mol} \cdot 407,7 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \approx 980 \text{ g}$$

Caso 2.

La sustancia dato es el yodo. Aplicamos la secuencia de cálculos desde la cantidad de sustancia de aluminio:

1. Cantidad de sustancia dato, $n_A = 2,40 \text{ mol}$.
2. Cálculo de la cantidad de sustancia incógnita, n_B , utilizando los coeficientes estequiométricos: para la sustancia dato, $a = 3$, y para la sustancia incógnita, $b = 2$.

$$n_B = n_A \cdot \frac{b}{a} = 2,40 \text{ mol} \cdot \frac{2}{3} = 1,60 \text{ mol}$$

3. Cálculo de la magnitud observable de la sustancia incógnita, m_B ; para ello, es necesario calcular previamente la masa molar de la sustancia, $M(\text{AlI}_3) = 407,7 \text{ g/mol}$.

$$m_B = n_B \cdot M = 1,60 \text{ mol} \cdot 407,7 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \approx 650 \text{ g}$$

24 Para sintetizar hidruro de sodio a partir de hidrógeno y sodio metálico, se mezclan 6,75 g de sodio y 3,03 g de hidrógeno.

- a) Escribe la ecuación química ajustada.
- b) Establece cuál es el reactivo limitante
- c) Calcula la cantidad de NaH formado.
- d) Si se obtienen 4,00 g de NaH, ¿cuál ha sido el rendimiento de la reacción?

Datos: $M(\text{Na}) = 22,99 \text{ g/mol}$; $M(\text{H}) = 1,01 \text{ g/mol}$.

a) La ecuación química es $2 \text{Na} + \text{H}_2 \rightarrow 2 \text{NaH}$.

b) Para establecer cuál es el reactivo limitante, comparamos $\left(\frac{n_{\text{Na}}}{n_{\text{H}_2}}\right)_{\text{Real}}$ con $\left(\frac{n_{\text{Na}}}{n_{\text{H}_2}}\right)_{\text{Esteq}} = \frac{2}{1} = 2$

Calculamos n_{Na} , a partir de la masa, $m = 6,75 \text{ g}$, y la masa molar $M(\text{Na}) = 22,99 \text{ g/mol}$

$$n_{\text{Na}} = \frac{m_{\text{Na}}}{M_{\text{Na}}} = \frac{6,75 \text{ g}}{22,99 \text{ g/mol}} \approx 0,294 \text{ mol}$$

Calculamos n_{H_2} , a partir de la masa, $m = 3,03 \text{ g}$ y la masa molar $M(\text{H}_2) = 2,02 \text{ g/mol}$

$$n_{\text{H}_2} = \frac{m_{\text{H}_2}}{M_{\text{H}_2}} = \frac{3,03 \text{ g}}{2,02 \text{ g/mol}} \approx 1,50 \text{ mol}$$

$$\left(\frac{n_{\text{Na}}}{n_{\text{H}_2}}\right)_{\text{Real}} = \frac{0,294 \text{ mol}}{1,50 \text{ mol}} = 0,196 < \left(\frac{n_{\text{Na}}}{n_{\text{H}_2}}\right)_{\text{Esteq}} = 2$$

por tanto, el reactivo limitante es Na.

c) Aplicamos la secuencia de cálculos desde la cantidad de sustancia de sodio:

1. Cantidad de sustancia dato, $n_{\text{A}} = 0,294 \text{ mol}$.

2. Cálculo de la cantidad de sustancia incógnita, n_{B} , utilizando los coeficientes estequiométricos: para la sustancia dato, $a = 2$, y para la sustancia incógnita, $b = 2$.

$$n_{\text{B}} = n_{\text{A}} \cdot \frac{b}{a} = 0,294 \text{ mol} \cdot \frac{2}{2} = 0,294 \text{ mol}$$

3. Cálculo de la magnitud observable de la sustancia incógnita, m_{B} ; para ello, es necesario calcular previamente la masa molar de la sustancia, $M(\text{NaH}) = 24,00 \text{ g/mol}$.

$$m_{\text{B}} = n_{\text{B}} \cdot M = 0,294 \text{ mol} \cdot 24,00 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \approx 7,05 \text{ g}$$

d) Para calcular el rendimiento de la reacción, comparamos la masa obtenida con la que teóricamente se hubiera obtenido:

$$\text{Rendimiento} = \frac{4,00 \text{ g}}{7,05 \text{ g}} \cdot 100 = 56,8\%$$