3 Representación de las reacciones químicas

Página 91

12. Escribe la ecuación química que representa el siguiente proceso: Cuatro moléculas de amoniaco se combinan con cinco de dioxígeno para formar cuatro de monóxido de nitrógeno y seis de agua.

Teniendo en cuenta el proceso descrito en el enunciado, la ecuación química será:

$$4\,NH_3 + 5\,O_2 \rightarrow 4\,NO + 6\,H_2O$$

13. Escribe la ecuación química de la reacción entre hidrógeno (H_2) y oxígeno (O_2) para formar agua (H_2O):

a) ¿Serías capaz de indicar el valor de los coeficientes estequiométricos?

b) Haz una representación que permita comprender esta reacción.

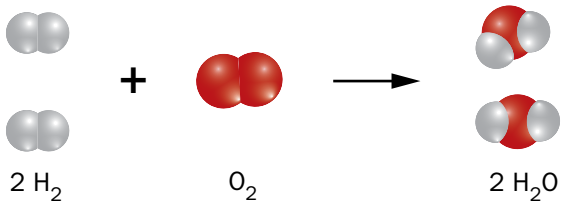
c) ¿Cuáles son los reactivos y los productos?

La ecuación química que tiene lugar es:

$$2\,H_2 + O_2 \rightarrow 2\,H_2O$$

a) El valor de los coeficientes estequiométricos es de 2 para el hidrógeno, 1 para el oxígeno y 2 para el agua.

b) Teniendo en cuenta el color y el tamaño de las bolas, la representación de la ecuación química es:



c) Los reactivos son el H_2 y el O_2, y el producto el H_2O.

14. La reacción entre sodio (Na) en estado sólido y una disolución acuosa de ácido sulfúrico (H_2SO_4), provoca que se desprenda gas hidrógeno (H_2) obteniéndose, además, sulfato de sodio (Na_2SO_4) en disolución acuosa:

a) Escribe la ecuación química de la reacción, indicando los estados de agregación de las sustancias.

b) Indica cuáles son los reactivos y cuáles los productos.

c) Indica los átomos de cada elemento químico presentes a ambos lados de la ecuación química.

a) La ecuación química de la reacción es:

$$2\,Na_{(s)} + H_2SO_{(aq)} \rightarrow H_{2(g)} + Na_2SO_{4(aq)}$$

Solucionario descargado de: https://solucionarios.academy/

b) Los reactivos son el sodio y el ácido sulfúrico, y los productos el hidrógeno y el sulfato de sodio.

c) Como sabemos, durante una reacción química, el número de átomos de cada elemento que hay en los reactivos es el mismo que hay en los productos, aunque estén ordenados de distinta forma a un lado y al otro. Por eso, tanto a la izquierda como a la derecha de la reacción habrá dos átomos de sodio, dos átomos de hidrógeno, un átomo de azufre y cuatro átomos de oxígeno.

Página 93

17. Ajusta las siguientes ecuaciones químicas:

a) $Al + O_2 \rightarrow Al_2O_3$.

b) $NH_3 + H_2SO4 \rightarrow (NH_4)_2SO_4$.

c) $SO_2 + O_2 \rightarrow SO_3$.

d) $Fe_2O_3 + H_2 \rightarrow Fe + H_2O$.

a) $4\,Al + 3\,O_2 \rightarrow 2\,Al_2O_3$

b) $2\,NH_3 + H_2SO_4 \rightarrow (NH_4)_2\,SO_4$

c) $SO_2 + \frac{1}{2}\,O_2 \rightarrow SO_3$

d) $Fe_2O_3 + 3\,H_2 \rightarrow 2\,Fe + 3\,H_2O$

4 Leyes fundamentales en las reacciones químicas

Página 94

Trabaja con la imagen

Calcula la proporción estequiométrica entre el cobre y el azufre, m_{Cu}/m_S y entre el azufre y el sulfuro de cobre m_S/m_{CuS}.

Para calcular bien las proporciones, utilizamos la segunda representación de la reacción, que es en la que no hay ningún reactivo ni en exceso ni en defecto. Por tanto:

$$\frac{m_{Cu}}{m_S} = \frac{10\text{ g}}{5{,}04\text{ g}} = 1{,}984$$

$$\frac{m_S}{m_{CuS}} = \frac{5{,}04\text{ g}}{15{,}04\text{ g}} = 0{,}335$$

Página 95

19. Calcula la masa de amoniaco que se puede obtener si reaccionan completamente 7,878 g de hidrógeno. Utilizando la ley de la conservación de la masa, calcula la cantidad de nitrógeno necesaria en la reacción.

La reacción que tiene lugar, con las masas de reactivos y producto estequiométricos, es:

$$3\,H_2 \quad + \quad N_2 \quad \rightarrow \quad 2\,NH_3$$

$$6{,}06\text{ g} \quad 28{,}02\text{ g} \quad 34{,}08\text{ g}$$

Solucionario descargado de: https://solucionarios.academy/

Utilizando la ley de conservación de la masa, calculamos la masa de amoniaco que obtenemos:

$$\frac{m_{H_2}}{m_{NH_3}} = \frac{6,06\ g}{34,08\ g} = \frac{7,878\ g}{m_{NH_3}} \rightarrow m_{NH_3} = 44,304\ g \text{ de } NH_3$$

Por tanto, aplicando también la ley de conservación de la masa, la cantidad de nitrógeno es:

$$\frac{m_{H_2}}{m_{N_2}} = \frac{6,06\ g}{28,02\ g} = \frac{7,878\ g}{m_{N_2}} \rightarrow m_{N_2} = 36,426\ g \text{ de } N_2$$

20. Se pretende hacer reaccionar 531,75 g de cloro (Cl_2) con 300 g de hierro:

a) ¿Están estas cantidades en proporción estequiométrica?

b) Calcula la cantidad de hierro que reaccionará.

c) Calcula la cantidad de $FeCl_3$ que se forma.

a) Teniendo en cuenta la reacción química que tiene lugar, y las masas estequiométricas que se necesitan y se produce, se cumple que:

$$3\ Cl_2 + 2\ Fe \rightarrow 2\ FeCl_3$$

212,7 g 111,7 g 324,4 g

La relación m_{Fe}/m_{Cl_2} es:

$$\frac{m_{Fe}}{m_{Cl_2}} = \frac{111,7\ g}{212,7\ g} = 0,525 \text{ en la relación estequiométrica}$$

$$\frac{m_{Fe}}{m_{Cl_2}} = \frac{300\ g}{531,75\ g} = 0,564 \text{ en la propuesta por el enunciado}$$

Como son iguales, diremos que no están en una relación estequiométrica.

b) La cantidad de hierro que reacciona será:

$$\frac{m_{Fe}}{m_{Cl_2}} = \frac{111,7\ g}{212,7\ g} = \frac{m_{Fe}}{531,75\ g} \rightarrow m_{Fe} = 279,25\ g \text{ de } Fe$$

c) Para calcular la cantidad de $FeCl_3$, sumamos las masas de hierro y cloro que reaccionan:

$$m_{FeCl_3} = m_{Fe} + m_{Cl_2} = 279,25\ g + 531,75\ g = 811,00\ g \text{ de } FeCl_3$$

21. Tanto el metano (CH_4) como el butano (C_4H_{10}) son gases cuya combustión se utiliza en sistemas de calefacción:

a) Calcula la masa de dióxido de carbono que se produce en la combustión de un gramo de cada uno de estos combustibles.

b) Extrae alguna conclusión acerca de la sustitución que se está haciendo de la bombona de butano por gas natural (metano).

a) Teniendo en cuenta las reacciones químicas de combustión de cada compuesto, y las masas estequiométricas que existen en cada una de ellas, podemos decir que:

- Para el CH_4:

$$CH_4 + 2\ O_2 \rightarrow 2\ H_2O + CO_2$$

16,05 g 64,00 g 36,04 g 44,01 g

$$\frac{m_{CH_4}}{m_{CO_2}} = \frac{16,05\ g}{44,01\ g} = \frac{1\ g}{m_{CO_2}} \rightarrow m_{CO_2} = 2,74\ g \text{ de } CO_2$$

Solucionario descargado de: https://solucionarios.academy/

- Para el C_4H_{10}:

$$2\ C_4H_{10} + 13\ O_2 \rightarrow 10\ H_2O + 8\ CO_2$$

116,28 g 416,00 g 180,20 g 352,08 g

$$\frac{m_{C_4H_{10}}}{m_{CO_2}} = \frac{116,28\ g}{352,08\ g} = \frac{1\ g}{m_{CO_2}} \rightarrow m_{CO_2} = 3,03\ g\ de\ CO_2$$

b) Se está sustituyendo el butano por el gas natural (compuesto, en un porcentaje muy alto, por metano) porque al combustionar, expulsa menos CO_2 a la atmósfera, luego contamina menos.

22. Verifica que se cumpla la ley de la conservación de la masa en las reacciones químicas cuyos datos se muestran en las tablas de esta página.

Teniendo en cuenta la tabla que se recoge en la página 135 del libro del alumnado:

Datos de masas de reactivos y productos en algunas reacciones químicas

$3\ H_2 + N_2 \rightarrow 2\ NH_3$

Masa de reactivos (g)		Masa de productos (g)
H_2	N_2	NH_3
6,06 g	28,02 g	34,08 g

$CH_4 + 2\ O_2 \rightarrow 2\ H_2O + CO_2$

Masa de reactivos (g)		Masa de productos (g)	
CH_4	O_2	H_2O	CO_2
16,05 g	64,00 g	36,04 g	44,01 g

$3\ Cl_2 + 2\ Fe \rightarrow 2\ FeCl_3$

Masa de reactivos (g)		Masa de productos (g)
Cl_2	Fe	$FeCl_3$
212,7 g	111,7 g	324,4 g

$2\ C_4H_{10} + 13\ O_2 \rightarrow 10\ H_2O + 8\ CO_2$

Masa de reactivos (g)		Masa de productos (g)	
C_4H_{10}	O_2	H_2O	CO_2
116,28 g	416,00 g	180,20 g	352,08 g

Para que se cumpla la ley de la conservación de la masa, tenemos que ver si la masa total de los reactivos es igual a la masa total de los productos.

En el caso de la formación del amoniaco:

$$m_{H_2} + m_{N_2} = m_{NH_3}$$

$$6,06\ g + 28,02\ g = 34,08\ g$$

$$34,08\ g = 34,08\ g \rightarrow \text{se cumple}$$

Para la formación del $FeCl_3$:

$$m_{Cl_2} + m_{Fe} = m_{FeCl_3}$$

$$212,7\ g + 111,7\ g = 324,4\ g$$

$$324,4\ g = 324,4\ g \rightarrow \text{se cumple}$$

Solucionario descargado de: https://solucionarios.academy/

En la combustión del metano:

$$m_{CH_4} + m_{O_2} = m_{CO_2} + m_{H_2O}$$

$$16,05\ g + 64,00\ g = 44,01\ g + 36,04\ g$$

$$80,05\ g = 80,05\ g \quad \rightarrow \quad \text{se cumple}$$

Y en último lugar, en el caso de la combustión del butano:

$$m_{C_4H_{10}} + m_{O_2} = m_{H_2O} + m_{CO_2O}$$

$$116,28\ g + 416,00\ g = 180,20\ g + 352,08\ g$$

$$532,28\ g = 532,28\ g \quad \rightarrow \quad \text{se cumple}$$

5 Cantidad de sustancia y reacciones químicas

Página 96

24. Indaga en Internet una estimación del número de habitantes de la Tierra; ¿a cuántos «moles» corresponden?

El número de habitantes en la Tierra es, aproximadamente, 7 500 millones. Luego, para calcular los «moles» a los que corresponden aplicamos:

$$n = \frac{N}{N_A} = \frac{7,5 \cdot 10^9}{6,022 \cdot 10^{23}} = 1,245 \cdot 10^{-14}\ \text{mol}$$

Como vemos, ni siquiera con el número tan elevado de personas que habitan el planeta, se llega a alcanzar el número de Avogadro.

25. Calcula cuántos átomos hay en 0,012 kg de carbono. Utiliza para ello la siguiente información:

$$1\ u = 1,66 \cdot 10^{-27}\ kg \ ; \ m_C = 12\ u$$

Extrae alguna conclusión del resultado obtenido.

Sabiendo que 1 u = $1,66 \cdot 10^{-27}$ kg, podemos calcular las unidades que hay en 0,012 kg:

$$\frac{1\ u}{1,66 \cdot 10^{-27}\ kg} = \frac{x}{0,012\ kg} \quad \rightarrow \quad x = 7,229 \cdot 10^{24}\ u$$

Teniendo en cuenta que la masa del carbono es de 12 u, dividimos el resultado obtenido entre 12 y nos da el número de átomos:

$$\text{n.º átomos} = \frac{7,229 \cdot 10^{24}\ u}{12\ u} = 6,024 \cdot 10^{23}\ \text{átomos}$$

Podemos decir que este resultado es una gran aproximación al número de Avogadro.

Solucionario descargado de: https://solucionarios.academy/

Página 97

26. **Calcula la cantidad de sustancia presente en 350 g de las siguientes sustancias:**

a) Cloruro de potasio, KCl.

b) Hierro.

c) Sacarosa, $C_{12}H_{22}O_{11}$.

d) Ozono, O_3.

Para calcular la cantidad de sustancia de cada uno de los compuestos, calcularemos su masa molar y dividiremos los 350 g entre ellas:

c) $M_{KCl} = 39,10 \text{ g/mol} + 35,45 \text{ g/mol} = 74,55 \text{ g/mol}$

$$n_{KCl} = \frac{m}{M_{KCl}} = \frac{350 \text{ g}}{74,55 \text{ g/mol}} = 4,69 \text{ mol}$$

d) $M_{Fe} = 55,85 \text{ g/mol}$

$$n_{Fe} = \frac{m}{M_{Fe}} = \frac{350 \text{ g}}{55,85 \text{ g/mol}} = 6,27 \text{ mol}$$

e) $M_{C_{12}H_{22}O_{11}} = 12 \cdot 12,01 \text{ g/mol} + 22 \cdot 1,01 \text{ g/mol} + 11 \cdot 16,00 \text{ g/mol} = 342,34 \text{ g/mol}$

$$n_{C_{12}H_{22}O_{11}} = \frac{m}{M_{C_{12}H_{22}O_{11}}} = \frac{350 \text{ g}}{342,34 \text{ g/mol}} = 1,02 \text{ mol}$$

f) $M_{O_3} = 3 \cdot 16,00 \text{ g/mol} = 48,00 \text{ g/mol}$

$$n_{O_3} = \frac{m}{M_{O_3}} = \frac{350 \text{ g}}{48,00 \text{ g/mol}} = 7,29 \text{ mol}$$

27. **Calcula los átomos de hierro y de oxígeno de los apartados b) y d) de la actividad anterior.**

Para calcular el número de átomos de hierro y de ozono, multiplicamos la cantidad de sustancia por el número de Avogadro:

$$\text{n.º átomos Fe} = n \cdot N_A = 6,27 \text{ mol} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \frac{\text{átomos}}{\text{mol}} = 3,777 \cdot 10^{24} \text{ átomos}$$

$$\text{n.º átomos } O_3 = n \cdot N_A = 7,29 \text{ mol} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \frac{\text{átomos}}{\text{mol}} = 4,391 \cdot 10^{24} \text{ átomos}$$

28. **¿Qué tiene más masa, 5 mol de etanol, C_2H_6O, o 2,5 mol de dioxígeno, O_2? ¿En cuál de los dos hay mayor número de átomos de oxígeno?**

Para averiguar cuál tiene mayor masa, multiplicamos la cantidad de sustancia de cada uno por su masa molar. Como el etanol tiene mayor masa molar y mayor cantidad de sustancia, tendrá mayor masa.

En el caso del número de átomos, hay que multiplicar la cantidad de sustancia por el número de Avogadro. Como el número de Avogadro es una constante, tendrá mayor número de átomos el que tenga mayor cantidad de sustancia. Por tanto, el etanol tendrá, también, mayor número de átomos.

29. **Calcula el número de átomos y de moléculas que hay en las siguientes muestras:**

a) 18 g de agua.

b) 88 g de dióxido de carbono.

c) 81 g de aluminio.

Solucionario descargado de: https://solucionarios.academy/

Para calcular el número de átomos totales, calculamos primero la cantidad de sustancia que hay de cada uno de ellos. Después, lo multiplicamos por el número de Avogadro y sumamos los de todos los átomos. En el caso de las moléculas, es el mismo procedimiento pero sin la suma final.

a) 18 g de H_2O $\rightarrow$ $n = \frac{m}{M} = \frac{18\text{ g}}{18{,}02\text{ g/mol}} = 0{,}999\text{ mol}$

$$\text{n.º moléculas} = 0{,}999\text{ mol} \cdot \frac{6{,}022 \cdot 10^{23}\text{ moléculas}}{1\text{ mol}} = 6{,}022 \cdot 10^{23}\text{ moléculas}$$

$$\text{n.º átomos O} = 0{,}999\text{ mol} \cdot \frac{6{,}022 \cdot 10^{23}\text{ moléculas } H_2O}{1\text{ mol}} \cdot \frac{1\text{ átomo O}}{1\text{ molécula } H_2O} = 6{,}022 \cdot 10^{23}\text{ átomos}$$

$$\text{n.º átomos H} = 0{,}999\text{ mol} \cdot \frac{6{,}022 \cdot 10^{23}\text{ moléculas } H_2O}{1\text{ mol}} \cdot \frac{2\text{ átomos H}}{1\text{ molécula } H_2O} = 1{,}2044 \cdot 10^{24}\text{ átomos}$$

$$\text{n.º total átomos} = 6{,}022 \cdot 10^{23} + 1{,}2044 \cdot 10^{24} = 1{,}807 \cdot 10^{24}\text{ átomos}$$

En los otros dos apartados se harían los mismos cálculos; así:

b) CO_2: n = 1,999 mol.

n.º moléculas CO_2 = 1,204 · 10^{24} moléculas.

n.º átomos total = 3,612 · 10^{24} átomos totales.

c) Al: n = 3 mol.

n.º moléculas Al = 1,8066 · 10^{24} moléculas.

En este caso, el número de átomos y el de moléculas coincide.

Página 99

30. **El cloro, Cl_2, se puede obtener en el laboratorio a partir de la siguiente reacción sin ajustar:**

$$HCl + MnO_2 \rightarrow MnCl_2 + H_2O + Cl_2$$

Calcula la masa de dióxido de manganeso, MnO_2, necesaria para obtener 5 g de cloro.

Ajustamos la reacción química:

$$4\ HCl + MnO_2 \rightarrow MnCl_2 + 2\ H_2O + Cl_2$$

A continuación, calculamos la cantidad de cloro que equivale a 5 g:

$$n_{Cl_2} = \frac{5\text{ g}}{70{,}9\text{ g/mol}} = 0{,}07\text{ mol}$$

Ahora, hallamos la cantidad de MnO_2 necesaria para producir la cantidad anterior de cloro:

$$\frac{1\text{ mol } MnO_2}{1\text{ mol } Cl_2} = \frac{x}{0{,}07\text{ mol } Cl_2} \rightarrow x = 0{,}07\text{ mol } MnO_2$$

Por último, calculamos a qué masa equivalen los 0,07 mol de MnO_2; teniendo en cuenta que la masa molar del MnO_2 es de 86,94 g/mol, se obtiene:

$$n_{MnO_2} = \frac{m}{M} \rightarrow m = n_{MnO_2} \cdot M = 0{,}07\text{ mol} \cdot 86{,}94\ \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 6{,}13\text{ g}$$

31. **En la actividad anterior, calcula la masa de cloruro de manganeso (II), $MnCl_2$, que se formará.**

Teniendo en cuenta la reacción química:

$$4\ HCl + MnO_2 \rightarrow MnCl_2 + 2\ H_2O + Cl_2$$

Solucionario descargado de: https://solucionarios.academy/

Y que se forman 0,07 mol de Cl_2 (calculados en el ejercicio anterior), podemos establecer la siguiente equivalencia:

$$\frac{1\,\text{mol}\,Cl_2}{1\,\text{mol}\,MnCl_2} = \frac{0{,}07\,\text{mol}\,Cl_2}{x} \quad \rightarrow \quad x = 0{,}07\,\text{mol}\,MnCl_2$$

Por tanto, si multiplicamos este resultado por la masa molar del $MnCl_2$, obtenemos la masa:

$$m = n \cdot M = 0{,}07\,\text{mol} \cdot 125{,}84\,\frac{\text{g}}{\text{mol}} = 8{,}8\,\text{g}$$

32. El butano, C_4H_{10}, es un combustible de uso doméstico habitual que se comercializa en bombonas de 12,5 kg. En la combustión del butano, se produce dióxido de carbono y agua. Calcula la masa de dióxido de carbono que se desprende en la combustión del butano que contienen 100 bombonas de butano.

Primero, escribimos la reacción de combustión del butano ajustada:

$$C_4H_{10} + \frac{13}{2}\,O_2 \rightarrow 4\,CO_2 + 5\,H_2O$$

Calculamos la cantidad de sustancia de butano que son 12,5 kg:

$$n = \frac{m}{M_m} = \frac{12{,}5 \cdot 10^3\,\text{g}}{58{,}14\,\text{g/mol}} = 215\,\text{mol}$$

Según los coeficientes estequiométricos, tendremos:

$$\frac{1\,\text{mol}\,C_4H_{10}}{4\,\text{mol}\,CO_2} = \frac{215\,\text{mol}\,C_4H_{10}}{x} \quad \rightarrow \quad x = 860\,\text{mol de}\,CO_2$$

La masa de esta cantidad de sustancia es:

$$m = n \cdot M_m = 860\,\text{mol} \cdot 44{,}01\,\frac{\text{g}}{\text{mol}} = 3{,}78 \cdot 10^4\,\text{g de}\,CO_2$$

Por tanto, podemos afirmar que:

$$\frac{1\,\text{bombona}}{3{,}78 \cdot 10^4\,\text{g}\,CO_2} = \frac{100\,\text{bombonas}}{y} \quad \rightarrow \quad y = 3{,}78 \cdot 10^6\,\text{g} = 3{,}78 \cdot 10^3\,\text{kg}$$

35. El dicloro reacciona con hierro para formar tricloruro de hierro. Esta reacción química se ha utilizado como ejemplo en el epígrafe anterior:

a) Escribe su ecuación química ajustada.

b) Comprueba los datos de masas que se dan en la tabla del epígrafe anterior. Para ello parte de tres moles de dicloro y calcula la masa de cada sustancia.

c) Comprueba tus resultados del apartado anterior verificando que se cumple la ley de conservación de la masa.

a) La reacción química ajustada es:

$$3\,Cl_2 + 2\,Fe \rightarrow 2\,FeCl_3$$

b) Teniendo en cuenta la tabla del epígrafe anterior:

$$3\,Cl_2 + 2\,Fe \rightarrow 2\,FeCl_3$$

Masa de reactivos (g)		Masa de productos (g)
Cl_2	Fe	$FeCl_3$
212,7 g	111,7 g	324,4 g

Solucionario descargado de: https://solucionarios.academy/

Calcularemos ahora la masa de cada sustancia que corresponde a la reacción de tres moles de dicloro; para ello tendremos en cuenta las masas molares de las sustancias implicadas, cuyos valores son:

$$M_{Cl_2} = 2 \cdot 35,45 \frac{g}{mol} = 70,9 \frac{g}{mol}$$

$$M_{Fe} = 55,85 \frac{g}{mol}$$

$$M_{FeCl_3} = 55,85 \frac{g}{mol} + 3 \cdot 35,45 \frac{g}{mol} = 162,2 \frac{g}{mol}$$

Por tanto:

$$m_{Cl_2}\text{ (reacción)} = 3\text{ mol} \cdot \left(70,9 \frac{g}{mol}\right) = 212,7\text{ g}$$

$$m_{Fe}\text{ (reacción)} = 2\text{ mol} \cdot 55,85 \frac{g}{mol} = 111,7\text{ g}$$

$$m_{FeCl_3}\text{ (reacción)} = 2\text{ mol} \cdot 162,2 \frac{g}{mol} = 324,4\text{ g}$$

Como conclusión, podemos decir que se cumple lo recogido en la tabla.

c) Para verificar que se cumple la ley de conservación de la masa, sumamos las masas de los reactivos y vemos si da igual que la masa de producto:

$$m_{Fe} + m_{Cl_2} = m_{FeCl_3}$$

$$111,7\text{ g} + 212,7\text{ g} = 324,4\text{ g}$$

$$324,4\text{ g} = 324,4\text{ g} \quad \rightarrow \quad \text{sí se cumple}$$

Solucionario descargado de: https://solucionarios.academy/

Taller de ciencias

Página 103

2. **Sabemos que la reacción química entre el cinc (Zn) y el ácido clorhídrico (HCl) tiene como productos cloruro de cinc ($ZnCl_2$) e hidrógeno (H_2).**

- **Escribe y ajusta esta reacción química.**
- **Escribe y ajusta las reacciones químicas que pueden tener lugar en los otros tubos de ensayo.**

- La reacción química ajustada es la siguiente:

$$Zn + 2\,HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$$

- En los otros tubos de ensayo tenemos como metales el aluminio y el cobre. Por analogía a la reacción del apartado anterior, las reacciones que se darán son:

$$2\,Al + 6\,HCl \rightarrow 2\,AlCl_3 + 3\,H_2$$

$$Cu + 2\,HCl \rightarrow CulCl_2 + H_2$$

Trabaja con lo aprendido

Página 104

Cambios físicos y químicos

2. **Al poner en contacto vinagre y bicarbonato se desprende un gas, dióxido de carbono, y se forma una sustancia llamada acetato de sodio y agua:**

a) Indica cuáles son los reactivos de la reacción.

b) Indica el número de productos de esta reacción.

a) Los reactivos de la reacción son el vinagre y el bicarbonato.

b) Hay tres productos: dióxido de carbono, acetato de sodio y agua.

Estudio de las reacciones químicas

6. **Se mide la cantidad de dos sustancias en un vaso de precipitados en el que está ocurriendo una reacción química. Estas cantidades se muestran en la tabla:**

Masa *A* (g)	7,5	3,75	2,50	1,88
Masa *B* (g)	1,7	3,4	6,8	13,6
Tiempo (min)	1	2	3	4

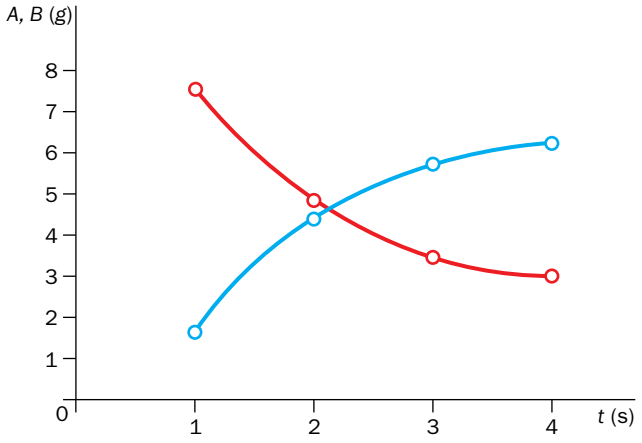
a) ¿Las sustancias *A* y *B* son reactivos o productos de la reacción? Justifica tu respuesta.

b) Representa los datos de la masa frente al tiempo, e indica si se trata de una relación lineal.

Solucionario descargado de: https://solucionarios.academy/

a) La sustancia *A* es un reactivo de la reacción porque, según va transcurriendo el tiempo, cada vez hay menos cantidad presente. Sin embargo, la sustancia *B* es un producto, ya que según avanza el tiempo, va aumentando su masa.

b) Vamos a representar ambas masas en el mismo diagrama. El color rojo será el de la sustancia *A* y el azul el de la sustancia *B:*



No se trata en ningún caso de una relación lineal.

7. **A partir del gráfico del apartado b) del ejercicio anterior, indica en qué intervalo de tiempo es mayor la velocidad de la reacción química. Explica en qué basas tu respuesta. ¿Podrías relacionar esta observación con la teoría de las colisiones?**

El intervalo de tiempo en el que es mayor la velocidad de reacción es entre el segundo 1 y el segundo 2, es decir, el primer intervalo de tiempo. Sabemos que es así porque la cantidad de sustancia que desaparece de *A* y que se forma de *B* es mayor que en el resto de intervalos. Luego, es cuando se tienen que estar produciendo un mayor número de choques entre las partículas tanto de *A* como de *B* como entre ellas. Por eso, su velocidad es la más alta.

Página 105

Representación de las reacciones químicas

15. **Ajusta en tu cuaderno las reacciones químicas siguientes:**

a) ☐ **Fe +** ☐ **Cl_2 →** ☐ **$FeCl_3$.**

b) ☐ **C_3H_6 +** ☐ **O_2 →** ☐ **CO_2 +** ☐ **H_2O.**

c) ☐ **$KClO_3$ →** ☐ **KCl +** ☐ **O_2.**

a) $2\ Fe + 3\ Cl_2 \rightarrow 2\ FeCl_3$.

b) $2\ C_3H_6 + 9\ O_2 \rightarrow 6\ CO_2 + 6\ H_2O$.

c) $2\ KClO_3 \rightarrow 2\ KCl + 3\ O_2$.

16. **El disulfuro de hierro, sólido, se combina con dioxígeno y da dióxido de azufre y trióxido de dihierro (sólido). Escribe la ecuación química ajustada de este proceso, indicando el estado de agregación en que se encuentran todas las sustancias.**

La reacción química ajustada es la siguiente:

$$2\ FeS_2(s) + \frac{11}{2} O_2(g) \rightarrow 4\ SO_2(g) + Fe_2O_3(s)$$

Solucionario descargado de: https://solucionarios.academy/

17. **En la combustión de hidrocarburos, la cantidad de dióxido de carbono está directamente relacionada con el número de átomos de carbono que tenga la molécula del hidrocarburo.**

Ajusta en tu cuaderno las siguientes ecuaciones químicas, que representan la combustión de metano, etano, propano y butano:

a) $\square\ CH_4 + \square\ O_2 \rightarrow \square\ CO_2 + \square\ H_2O$.

b) $\square\ C_2H_6 + \square\ O_2 \rightarrow \square\ CO_2 + \square\ H_2O$.

c) $\square\ C_3H_8 + \square\ O_2 \rightarrow \square\ CO_2 + \square\ H_2O$.

d) $\square\ C_4H_{10} + \square\ O_2 \rightarrow \square\ CO_2 + \square\ H_2O$.

Establece una relación entre el número de átomos de carbono en la molécula del combustible y la cantidad de sustancia de dióxido de carbono. Con esta información, completa tu respuesta para la actividad 21 de la página 135.

a) $CH_4 + 2\,O_2 \rightarrow CO_2 + 2\,H_2O$.

b) $C_2H_6 + \frac{7}{2}\,O_2 \rightarrow 2\,CO_2 + 3\,H_2O$.

c) $C_3H_8 + 5\,O_2 \rightarrow 3\,CO_2 + 4\,H_2O$.

d) $C_4H_{10} + \frac{13}{2}\,O_2 \rightarrow 4\,CO_2 + 5\,H_2O$.

Como vemos, a mayor número de átomos de carbono en la molécula de hidrocarburo, mayor cantidad de dióxido de carbono se produce.

Si completamos la actividad 21 de la página 135, diremos que es entendible que se sustituya el butano por metano, ya que el metano es el hidrocarburo que menos CO_2 produce.

Leyes fundamentales y reacciones químicas

19. **Cuando calentamos 50 g de carbonato de calcio, se forman 28 g de óxido de calcio y cierta cantidad de dióxido de carbono:**

a) ¿Qué masa de este gas se habrá formado en la reacción?

b) ¿Qué cantidad de óxido de calcio se forma a partir de 150 g de carbonato de calcio?

a) En primer lugar, planteamos la ecuación ajustada de la reacción química:

$$CaCO_{3(s)} \xrightarrow{\Delta} CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$$

Sabiendo las cantidades de carbonato de calcio y óxido de calcio, podemos plantear la siguiente ecuación, basándonos en la ley de conservación de la masa:

$$m_{CaCO_3} = m_{CaO} + m_{CO_2}$$

$$50\text{ g} = 28\text{ g} + m_{CO_2}$$

$$m_{CO_2} = 22\text{ g}$$

b) Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el apartado anterior y que se cumple la ley de las proporciones definidas, la cantidad de óxido de calcio que se obtiene es:

$$\frac{50\text{ g de } CaCO_3}{28\text{ g de CaO}} = \frac{150\text{ g de } CaCO_3}{x} \rightarrow x = 84\text{ g de CaO}$$

Solucionario descargado de: https://solucionarios.academy/

20. **A partir de los datos del ejercicio anterior, obtén la proporción en masa con que reaccionan el carbonato de calcio y el óxido de calcio. ¿Podríamos obtener 56 g de óxido de calcio a partir de 60 g de carbonato de calcio? ¿En qué ley te has basado para responder a esta actividad?**

La proporción de masas entre el carbonato de calcio y el óxido de calcio es:

$$\frac{m_{CaCO_3}}{m_{CaO}} = \frac{50\ g}{28\ g} = 1,79$$

Para saber si podemos obtener 56 g de óxido de calcio, aplicamos la ley de las proporciones definidas:

$$\frac{50\ g\ de\ CaCO_3}{28\ g\ de\ CaO} = \frac{60\ g\ de\ CaCO_3}{x} \quad \rightarrow \quad x = 33,6\ g\ de\ CaO$$

Por tanto, no se obtienen 56 g de CaO, sino solo 33,6 g.

Página 106

21. **El monóxido de carbono es un gas muy tóxico que se forma en la combustión incompleta del carbón (reacción de combustión que da como resultado monóxido de carbono en vez de dióxido de carbono):**

a) Escribe y ajusta la ecuación química.

b) Calcula la masa de dicho gas que se puede formar a partir de 5 g de carbón, sabiendo que la proporción estequiométrica en masa es: m_{CO}/m_C = 2,3.

a) La ecuación química ajustada es la siguiente:

$$2\ C + O_2 \rightarrow 2\ CO$$

b) Sabiendo que la proporción estequiométrica en masa es m_{CO}/m_C = 2,3, podemos decir que:

$$\frac{m_{CO}}{m_C} = \frac{x}{5\ g} = 2,3 \quad \rightarrow \quad x = 2,3 \cdot 5\ g = 11,5\ g\ de\ CO$$

22. **El etanol, C_2H_6O, es una sustancia que se utiliza como biocombustible. En su reacción de combustión origina dióxido de carbono y agua. Calcula las toneladas de CO_2 que se emiten a la atmósfera en la combustión de 25 000 L de etanol, sabiendo que la proporción estequiométrica en masa es: $m_{bioetanol}/m_{CO_2}$ = 0,52.**

Dato: Densidad del etanol = 0,789 kg/L.

Sabiendo que la densidad del etanol es 0,789 kg/L, su masa será:

$$d = \frac{m}{V} \quad \rightarrow \quad m = d \cdot V = 0,789\ \frac{kg}{L} \cdot 25\ 000\ L = 19\ 725\ kg$$

Teniendo su proporción estequiométrica en masa, podemos afirmar que de CO_2 obtenemos:

$$\frac{m_{bioetanol}}{m_{CO_2}} = \frac{19\ 725\ kg}{x} = 0,52 \quad \rightarrow \quad x = 37\ 932,69\ kg\ de\ CO_2$$

Por tanto, se obtienen 37,9 toneladas de CO_2, aproximadamente.

Solucionario descargado de: https://solucionarios.academy/

Cantidad de sustancia y reacciones químicas

23. Completa la tabla:

Sustancia	Masa (g)	Cantidad de sustancia (mol)	N.º total de átomos de O
Agua	54		
Ozono			$3{,}16 \cdot 10^{24}$
Dióxido de carbono		2,5	

Para calcular el número de moles, aplicamos la expresión que relaciona el número de moles, *n,* con la masa, *m,* expresada en gramos, y con la masa molar, *M,* expresada en g/mol: $n = m/M$.

Para calcular el número total de átomos, sabiendo que el número de Avogadro es $6{,}022 \cdot 10^{23}$ número de unidades fundamentales por mol, se puede calcular con la relación: $n.^{\circ}\ átomos = n \cdot N_A$.

Así, la tabla completada queda de la siguiente forma:

Sustancia	Masa (g)	Cantidad de sustancia (mol)	N.º total de átomos de O
Agua	54	3	$1{,}80 \cdot 10^{24}$
Ozono	83,96	1,75	$3{,}16 \cdot 10^{24}$
Dióxido de carbono	110	2,5	$3{,}01 \cdot 10^{24}$

24. Ordena de menor a mayor en cuanto a su masa las siguientes cantidades: a) 0,25 mol de tetracloruro de plomo; b) 5 mol de agua; c) 1 mol de ácido sulfúrico.

a) La masa de $PbCl_4$ es:

$$0{,}25 \text{ mol de } PbCl_4 = \frac{m}{M} \quad \rightarrow \quad m = n_{PbCl_4} \cdot M = 0{,}25 \text{ mol} \cdot 348{,}99 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 87{,}25 \text{ g}$$

b) La masa de H_2O es:

$$5 \text{ mol de } H_2O = \frac{m}{M} \quad \rightarrow \quad m = n_{H_2O} \cdot M = 5 \text{ mol} \cdot 18{,}02 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 90{,}1 \text{ g}$$

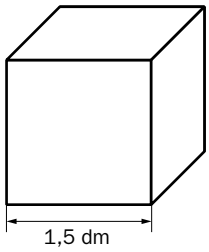
c) La masa de H_2SO_4 es:

$$1 \text{ mol de } H_2SO_4 = \frac{m}{M} \quad \rightarrow \quad m = n_{H_2SO_4} \cdot M = 1 \text{ mol} \cdot 98{,}08 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 98{,}08 \text{ g}$$

Por tanto, $m_{H_2SO_4} > m_{H_2O} > m_{PbCl_4}$.

25. Un cubo de 1,5 dm de arista está lleno de agua. Calcula el número de moléculas de esta sustancia que hay dentro del cubo.

Dato: *d* (agua) = 1 g/cm³.



Solucionario descargado de: https://solucionarios.academy/

Teniendo en cuenta que el volumen del cubo coincide con el volumen de agua, tendremos:

$$V = a^3 = (1{,}5\ \text{dm})^3 = 3{,}375\ \text{dm}^3$$

Aplicando el dato de la densidad del agua, obtenemos el valor de su masa:

$$d = \frac{m}{V} \quad \rightarrow \quad m = d \cdot V = 3{,}375\ \text{dm}^3 \cdot \frac{10^3\ \text{cm}^3}{1\ \text{dm}^3} \cdot 1\ \text{g/cm}^3 = 3\ 375\ \text{g de agua}$$

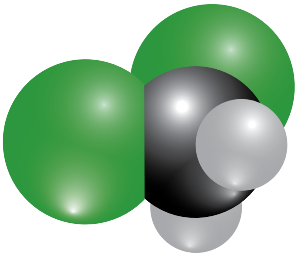
La cantidad de sustancia a la que equivale es:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{3\ 375\ \text{g}}{18{,}02\ \text{g/mol}} = 187{,}29\ \text{mol de agua}$$

Y el número de moléculas será, por tanto:

$$\text{n.º moléculas} = n \cdot N_A = 187{,}29\ \text{mol} \cdot \frac{6{,}022 \cdot 10^{23}\ \text{moléculas}}{1\ \text{mol}} = 1{,}13 \cdot 10^{26}\ \text{moléculas de } H_2O$$

27. La figura representa una molécula de diclorometano (CH_2Cl_2):



a) Calcula la cantidad de sustancia de diclorometano que hay en una muestra de 127,5 gramos de esa sustancia.

b) Calcula la cantidad de sustancia de cada elemento (C, H y Cl) en la muestra anterior de diclorometano (127,5 g).

c) Calcula la masa de cada elemento (C, H y Cl) presentes en la muestra anterior de diclorometano (127,5 g).

Datos: MC = 12 g/mol, MH = 1 g/mol, MCl = 35,5 g/mol.

a) La cantidad de sustancia a la que equivalen 127,5 g de CH_2Cl_2 es:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{127{,}5\ \text{g}}{84{,}93\ \text{g/mol}} = 1{,}5\ \text{mol de } CH_2Cl_2$$

b) Según la molécula, tendremos 1,5 mol de carbono, 3 mol de cloro y 3 mol de hidrógeno.

c) La masa de cada elemento es:

$$m_C = n_C \cdot M_C = 1{,}5\ \text{mol} \cdot 12{,}01\ \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 18{,}02\ \text{g}$$

$$m_H = n_H \cdot M_H = 3\ \text{mol} \cdot 1{,}01\ \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 3{,}03\ \text{g}$$

$$m_{Cl} = n_{Cl} \cdot M_{Cl} = 3\ \text{mol} \cdot 35{,}45\ \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 106{,}44\ \text{g}$$

28. Antiguamente se denominaba como «piedra infernal» a un compuesto que tienes que identificar. Para ello dispones de los siguientes datos:

- **Su masa molar es 169,9 g/mol.**
- **Su fórmula química consta de un átomo de plata, tres átomos de oxígeno y un átomo de otro elemento que se encuentra en el segundo período del Sistema Periódico.**

¿De qué compuesto se trata?

Solucionario descargado de: https://solucionarios.academy/

La masa molar es 169,9 g/mol: M = 169,9 g/mol. Sabiendo que hay un átomo de plata y tres de oxígeno, podemos averiguar la masa atómica del otro elemento:

$$M = M_{Ag} + 3 \cdot M_O + M_x = 169,9 \text{ g/mol}$$

$$107,87 \frac{g}{mol} + 3 \cdot 16 \frac{g}{mol} + M_x = 169,9 \frac{g}{mol}$$

$$M_x = 14,03 \frac{g}{mol}$$

En el segundo período, el elemento que coincide con esa masa molar es el nitrógeno. Por tanto, la fórmula es $AgNO_3$.

Página 107

29. El ácido clorhídrico (HCl) se combina con hidróxido de sodio (NaOH) y da cloruro de sodio (NaCl) y agua:

a) Escribe y ajusta la ecuación química.

b) Verifica que se cumple la ley de conservación de la masa calculando la masa necesaria de HCl para que reaccionen completamente 103,5 g de NaOH, y la masa de cloruro de sodio y agua que se produce.

a) La ecuación química es la siguiente:

$$HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$$

b) Sabiendo que reaccionan completamente 103,5 g de NaOH, calculamos la cantidad de sustancia a la que equivale:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{103,5 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 2,59 \text{ mol}$$

Por estequiometría, vemos que reacciona la misma cantidad de sustancia de NaOH que del resto de componentes de la reacción. Así, las masas de los demás compuestos serán:

$$m_{HCl} = n \cdot M = 2,59 \text{ mol} \cdot 36,46 \frac{g}{mol} = 94,34 \text{ g}$$

$$m_{H_2O} = n \cdot M = 2,59 \text{ mol} \cdot 18,02 \frac{g}{mol} = 46,63 \text{ g}$$

$$m_{NaCl} = n \cdot M = 2,59 \text{ mol} \cdot 58,44 \frac{g}{mol} = 151,21 \text{ g}$$

Para verificar que se cumple la ley de conservación de la masa, tenemos que comprobar que la suma de las masas de los reactivos es igual a la suma de las masas de los productos:

$$m_{NaOH} + m_{HCl} = m_{NaCl} + m_{H_2O}$$

$$103,5 \text{ g} + 94,34 \text{ g} = 46,63 \text{ g} + 151,21 \text{ g}$$

$$197,84 \text{ g} = 197,84 \text{ g} \quad \rightarrow \quad \text{sí se cumple}$$

30. El ácido clorhídrico, cuando reacciona con cinc, produce dicloruro de cinc y dihidrógeno:

a) Escribe y ajusta la ecuación química del proceso.

b) Calcula la cantidad de sustancia de hidrógeno que se obtiene al reaccionar 3 mol de HCl.

c) Calcula la masa de HCl que corresponde a 3 mol.

d) Calcula la masa de hidrógeno que se obtiene al reaccionar los 3 mol de HCl de los apartados anteriores.

Solucionario descargado de: https://solucionarios.academy/

a) La ecuación química del proceso es:

$$Zn + 2\ HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$$

b) Según el ajuste estequiométrico de la reacción:

$$\frac{2 \text{ mol de HCl}}{1 \text{ mol de } H_2} = \frac{3 \text{ mol de HCl}}{x} \quad \rightarrow \quad x = 1{,}5 \text{ mol de } H_2$$

c) La masa a la que corresponden 3 mol de HCl es:

$$m = n \cdot M = 3 \text{ mol} \cdot 36{,}46 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 109{,}38 \text{ g} \simeq 109{,}4 \text{ g}$$

d) Como sabemos que se necesitan 1,5 mol de H_2, podemos calcular la masa a la que equivale:

$$m = n \cdot M = 1{,}5 \text{ mol} \cdot 2{,}02 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 3{,}03 \text{ g} \simeq 3 \text{ g}$$

31. Se deja a la intemperie un clavo de hierro de 5 g. Al cabo de cierto tiempo se observa que una parte se ha oxidado, formándose 5 g de trióxido de dihierro:

a) ¿Qué cantidad de hierro ha reaccionado?

b) ¿Cuánto hierro ha quedado sin reaccionar? ¿Qué porcentaje de la masa del clavo representa la parte que ha quedado sin reaccionar?

La reacción química que tiene lugar es la siguiente:

$$4\ Fe + 3\ O_2 \rightarrow 2\ Fe_2O_3$$

a) Para saber la cantidad de hierro que reacciona, partimos de los 5 g de Fe_2O_3 que obtenemos. Primero, calculamos a cuánta cantidad de sustancia equivalen:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{5 \text{ g}}{159{,}7 \text{ g/mol}} = 0{,}031 \text{ mol de } Fe_2O_3$$

Por estequiometría de reacción, calculamos la cantidad de sustancia de hierro que reacciona:

$$\frac{4 \text{ mol de Fe}}{2 \text{ mol de } Fe_2O_3} = \frac{x}{0{,}031 \text{ mol de } Fe_2O_3} \quad \rightarrow \quad x = 0{,}062 \text{ mol de Fe}$$

A partir de este dato, calculamos la masa a la que equivale:

$$m = n \cdot M = 0{,}062 \text{ mol} \cdot 55{,}85 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 3{,}5 \text{ g de Fe}$$

b) La masa de hierro que queda sin reaccionar es:

$$m_{Fe}(\text{sobrante}) = m_{\text{total}} - m_{\text{reacción}} = 5 \text{ g} - 3{,}5 \text{ g} = 1{,}5 \text{ g}$$

El porcentaje que representa es:

$$\%\ \text{Fe no reacciona} = \frac{1{,}5 \text{ g}}{5{,}0 \text{ g}} \cdot 100 = 30\ \%$$

32. Una persona con exceso de ácido clorhídrico en los jugos gástricos toma, para neutralizar dicho exceso, un medicamento que contiene 1,85 g de hidróxido de aluminio por cada 25 mL de medicamento. La reacción que se produce (sin ajustar) es:

$$HCl + Al(OH)_3 \rightarrow AlCl_3 + H_2O$$

Suponiendo que el estómago produce 3 L diarios de jugo gástrico, de concentración en ácido clorhídrico 0,075 mol/L, calcula:

a) La cantidad de sustancia diaria de ácido clorhídrico que se produce en el estómago y la de hidróxido de aluminio necesarias para neutralizarlos completamente.

b) La masa de Al $(OH)_3$ y los mL de medicamento que debe tomar al día la persona del enunciado.

Solucionario descargado de: https://solucionarios.academy/

La reacción química ajustada es la siguiente:

$$3\ HCl + Al\ (OH)_3 \rightarrow AlCl_3 + 3\ H_2O$$

a) La cantidad de sustancia diaria que produce el estómago de ácido clorhídrico es:

$$\frac{0{,}075\ \text{mol}}{1\ \text{L}} = \frac{x}{3\ \text{L}} \quad \rightarrow \quad x = 0{,}225\ \text{mol de HCl}$$

Y la cantidad de hidróxido de aluminio necesaria para neutralizarlo es:

$$\frac{3\ \text{mol de HCl}}{1\ \text{mol de Al(OH)}_3} = \frac{0{,}225\ \text{mol de HCl}}{y} \quad \rightarrow \quad y = 0{,}075\ \text{mol de Al(OH)}_3$$

b) La masa que debe tomar al día la calculamos a partir de la cantidad de sustancia:

$$m = n \cdot M = 0{,}075\ \text{mol} \cdot 78{,}01\ \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 5{,}85\ \text{g de Al(OH)}_3$$

Y el volumen de medicamento será:

$$\frac{1{,}85\ \text{g Al(OH)}_3}{25\ \text{mL de medicamento}} = \frac{5{,}85\ \text{g de Al(OH)}_3}{x} \quad \rightarrow \quad x = 79{,}06\ \text{mL de medicamento}$$

Solucionario descargado de: https://solucionarios.academy/