

► LEYES FUNDAMENTALES DE LA QUÍMICA

PROBLEMAS PARA ENTRENARSE

1. Los volcanes emiten gran cantidad de sulfuro de hidrógeno (H_2S), un gas que reacciona con el oxígeno del aire, formándose agua y dióxido de azufre (SO_2). Cada 68 toneladas de H_2S reaccionan con 96 toneladas de oxígeno, originando 36 toneladas de agua. ¿Cuántas toneladas de SO_2 se forman?

Sea «x» igual a las toneladas de SO_2 que se forman. Dado que se debe verificar la ley de conservación de la masa, tenemos: $68 \text{ (t)} + 96 \text{ (t)} = 36 \text{ (t)} + x \Rightarrow x = 68 \text{ (t)} + 96 \text{ (t)} - 36 \text{ (t)} = 128 \text{ t}$

Se forman 128 toneladas de SO_2 .

2. Un gramo de azufre reacciona exactamente con 2,04 g de cinc formando un compuesto llamado sulfuro de cinc (ZnS). Razonar cuáles de las afirmaciones siguientes son válidas:

- a) 1 g de S + 2,04 g de Zn \rightarrow 3,04 g de ZnS
- b) 2 g de S + 2,04 g de Zn \rightarrow 4,04 g de ZnS
- c) 2 g de S + 4,08 g de Zn \rightarrow 6,08 g de ZnS
- d) 1 g de S + 2,04 g de Zn \rightarrow 2 g de ZnS

- a) Es válida, ya que el azufre y el cinc reaccionan en la relación correcta y, además, se cumple la ley de conservación de la masa.
- b) Es falsa, ya que no verifica la ley de las proporciones definidas: si 1 g de azufre reacciona con 2,04 g de cinc, 2 g de azufre deben reaccionar con 4,08 g de cinc.
- c) Es válida, pues satisface la ley de las proporciones definidas y la de conservación de la masa.
- d) Es falsa, ya que no verifica la ley de conservación de la masa.

3. ¿Cuál de las muestras siguientes contiene mayor número de moléculas? ¿Cuál mayor número de átomos?

- a) 1 litro de hidrógeno gaseoso (H_2).
- b) 2 litros de oxígeno gaseoso (O_2).
- c) 1,5 litros de ozono gaseoso (O_3).
- d) 0,5 litros de amoníaco gaseoso (NH_3).

De acuerdo con la hipótesis de Avogadro, volúmenes iguales de gases diferentes, medidos en las mismas condiciones de presión y temperatura, contienen el mismo número de moléculas. Por tanto, si llamamos «x» al número de moléculas contenidas en 1 litro de un gas, en las condiciones dadas, tenemos:

- a) x moléculas de H_2 y $2 \cdot x$ átomos de H.
- b) $2 \cdot x$ moléculas de O_2 y $4 \cdot x$ átomos de O.
- c) $1,5 \cdot x$ moléculas de O_3 y $4,5 \cdot x$ átomos de O.
- d) $0,5 \cdot x$ moléculas de NH_3 y $2 \cdot x$ átomos ($0,5 \cdot x$ de N y $1,5 \cdot x$ de H).

Luego la muestra b) es la que contiene mayor número de moléculas y la c) es la que contiene mayor número de átomos.

4. Una muestra de ácido ascórbico (vitamina C), sintetizada en el laboratorio, contiene 60 g de carbono y 80 g de oxígeno. Otra muestra de ácido ascórbico, procedente de limones (una fuente excelente de vitamina C), contiene 8,4 g de carbono. Calcular la masa de oxígeno que contiene la segunda muestra.

Sea x la cantidad de oxígeno presente en la segunda muestra. De acuerdo con la ley de las proporciones definidas,

$$\frac{60 \text{ (g C)}}{80 \text{ (g O)}} = \frac{8,4 \text{ (g C)}}{x} \Rightarrow x = \frac{80 \text{ (g O)} \cdot 8,4 \text{ (g C)}}{60 \text{ (g C)}} = 11,2 \text{ g O}$$

5. El criptón es un elemento gaseoso que no tiene en realidad nada que ver con la fuerza de Superman. Si se tienen 0,085 g de este elemento, ¿de cuántos moles dispones?

La masa atómica del criptón es 83,8. Esto significa que la masa de un mol de criptón es 83,8 g. Por tanto, en 0,085 g hay:

$$\frac{0,085 \text{ (g)}}{83,8 \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}}\right)} = 1,01 \cdot 10^{-3} \text{ moles}$$

6. Un rollo de papel aluminio de cocina pesa, aproximadamente, 350 g. ¿Cuántos moles de aluminio se obtienen al comprar uno de estos rollos?

La masa atómica del aluminio es 26,98. Es decir, un mol de aluminio son 26,98 g. Por tanto:

$$\frac{350 \text{ (g)}}{26,98 \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}}\right)} = 12,97 \text{ moles}$$

7. El precio del oro fluctúa, dependiendo de la situación internacional. Si el oro se vende a 406 dólares por onza, ¿Cuántos se debe gastar para tener un mol de oro? Suponer que el dólar se cambia a 125 PTA.

Dato: 1 onza = 31,1 g.

La masa atómica del oro es 196,97. El precio de un mol de oro, esto es, el precio de 196,97 gramos de oro será:

$$196,97 \text{ (g)} \cdot \frac{406 \text{ (\$)}}{1 \text{ (onza)}} \cdot \frac{1 \text{ (onza)}}{31,1 \text{ (g)}} \cdot \frac{125 \text{ (PTA)}}{1 \text{ (\$)}} = 321\,422,11 \text{ PTA}$$

8. La fórmula de la sacarina (un controvertido edulcorante) es $\text{C}_7\text{H}_5\text{O}_3\text{NS}$.

a) ¿Cuál es su masa molecular?

b) ¿Qué pesa más, un mol de sacarina o un mol de sacarosa, $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$?

a) $7 \cdot 12 \text{ (u)} + 5 \cdot 1 \text{ (u)} + 3 \cdot 16 \text{ (u)} + 1 \cdot 14 \text{ (u)} + 1 \cdot 32 \text{ (u)} = 183 \text{ (u)}$.

b) La masa molecular de la sacarosa es: $12 \cdot 12 \text{ (u)} + 22 \cdot 1 \text{ (u)} + 11 \cdot 16 \text{ (u)} = 342 \text{ (u)}$

Por tanto, un mol de sacarina son 183 g, mientras que un mol de sacarosa son 342 g. Es decir, un mol de sacarosa pesa más que uno de sacarina.

9. Una muestra de N_2H_4 líquido se descompone dando N_2 y H_2 gaseosos. Los dos gases se separan y el nitrógeno ocupa 13,7 ml a temperatura y presión ambientales. Determinar el volumen de hidrógeno en las mismas condiciones.

Puesto que el N_2H_4 produce el doble de moléculas de H_2 que de N_2 , de acuerdo con la hipótesis de Avogadro, el volumen de hidrógeno debe ser el doble del volumen de nitrógeno, medidos ambos en las mismas condiciones. Es decir:

$$\text{Volumen H}_2 = 13,7 \text{ (ml)} \cdot 2 = 27,4 \text{ ml}$$

10. ¿Qué suministra más información, la fórmula empírica de un compuesto o su fórmula molecular?

La fórmula molecular suministra más información, ya que da el número de átomos de cada elemento presentes en una molécula del compuesto, mientras que la fórmula empírica sólo indica la relación entre los átomos de los distintos elementos.

11. La fórmula empírica de un compuesto es C_4H_7 . Sabiendo que su masa molecular está comprendida entre 80 y 140, ¿Cuál es su fórmula molecular?

La fórmula molecular es un múltiplo de la fórmula empírica: $(\text{C}_4\text{H}_7)_n$

Luego la masa molecular del compuesto es: $n \cdot (4 \cdot 12 + 7 \cdot 1) = 55 \cdot n$

En este caso, n sólo puede ser igual a 2, ya que en otro caso la masa molecular (M) no estaría comprendida entre 80 y 140. Luego la fórmula molecular es C_8H_{14} .

12. Qué volumen ocupa un mol de una sustancia gaseosa:

- a) En condiciones normales (1 atmósfera de presión y 0 °C).
b) A 10 atmósferas de presión y 25 °C.

a) De acuerdo con la ecuación de los gases perfectos, $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$, el volumen molar es:

$$V = \frac{n \cdot R \cdot T}{P} = \frac{1 \text{ (mol)} \cdot 0,082 \left(\frac{\text{atm} \cdot \text{l}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \right) \cdot 273 \text{ (K)}}{1 \text{ (atm)}} = 22,39 \text{ l}$$

b) $V = \frac{n \cdot R \cdot T}{P} = \frac{1 \text{ (mol)} \cdot 0,082 \left(\frac{\text{atm} \cdot \text{l}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \right) \cdot 298 \text{ (K)}}{10 \text{ (atm)}} = 2,44 \text{ l}$

13. Suponiendo que el 80 % del cuerpo humano es agua, calcular el número de moléculas de agua presentes en el cuerpo de una persona de 65 kg de masa.

La masa de agua en el cuerpo es:

$$65 \text{ kg (masa total)} \cdot \frac{80 \text{ (kg agua)}}{100 \text{ (kg masa total)}} = 52 \text{ kg de agua}$$

Traducido a moles:

$$\frac{52\,000 \text{ (g)}}{18 \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right)} = 2\,888,9 \text{ moles de agua}$$

El número de moléculas de agua es, pues:

$$2\,888,9 \text{ (moles)} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \left(\frac{\text{moléculas}}{\text{mol}} \right) = 1,7 \cdot 10^{27} \text{ moléculas}$$

14. La fórmula molecular de la glucosa es $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$. Si disponemos de $1,5 \cdot 10^{22}$ átomos de carbono,

- a) ¿Cuántos átomos de hidrógeno contiene la muestra?
b) ¿Cuántas moléculas de glucosa?
c) ¿Cuántos moles de glucosa?
d) ¿Cuál es la masa de la muestra expresada en gramos?

Dato: $N_A = 6 \cdot 10^{23}$.

a) $1,5 \cdot 10^{22} \text{ (átomos C)} \cdot \frac{12 \text{ (átomos H)}}{6 \text{ (átomos C)}} = 3 \cdot 10^{22} \text{ átomos H}$

b) $1,5 \cdot 10^{22} \text{ (átomos C)} \cdot \frac{1 \text{ (molécula glucosa)}}{6 \text{ (átomos C)}} = 2,5 \cdot 10^{21} \text{ moléculas de glucosa}$

c) $\frac{2,5 \cdot 10^{21} \text{ (moléculas)}}{6 \cdot 10^{23} \left(\frac{\text{moléculas}}{\text{mol}} \right)} = 4,17 \cdot 10^{-3} \text{ moles}$

d) Como la masa molecular de la glucosa es 180, tenemos: $4,17 \cdot 10^{-3} \text{ (mol)} \cdot 180 \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right) = 0,75 \text{ g}$

15. Se requieren unos $25 \cdot 10^{-6} \text{ g}$ de tetrahidrocannabinol (THC), el ingrediente activo de la marihuana, para producir una intoxicación. La fórmula molecular del THC es $\text{C}_{21}\text{H}_3\text{O}_2$. ¿Cuántos moles de THC representan esos $25 \cdot 10^{-6} \text{ g}$? ¿Cuántas moléculas?

La masa molecular del THC es: $21 \cdot 12 + 3 \cdot 1 + 2 \cdot 16 = 287$

Es decir, un mol de THC son 287 g. Por tanto, los $25 \cdot 10^{-6} \text{ g}$ representan:

$$\frac{25 \cdot 10^{-6} \text{ (g)}}{287 \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right)} = 8,7 \cdot 10^{-8} \text{ moles}$$

Y contienen:

$$8,7 \cdot 10^{-8} \text{ (moles)} \cdot 6 \cdot 10^{23} \left(\frac{\text{moléculas}}{\text{mol}} \right) = 5,23 \cdot 10^{16} \text{ moléculas}$$

16. Un matraz de 2 litros contiene una cierta cantidad de un gas a una temperatura determinada. ¿Es posible guardar esa cantidad del gas en otro matraz cuyo volumen sea sólo de 1 l, a la misma temperatura?

Sí. De acuerdo con la ley de Boyle, a temperatura constante, $PV = \text{cte}$. Luego si queremos que el volumen se reduzca a la mitad, la presión debe doblarse. Por tanto, doblando la presión inicial, la cantidad de gas dada puede encerrarse en un matraz de sólo 1 litro, a la misma temperatura.

17. Un matraz, cuyo volumen es de 10 litros, contiene hidrógeno molecular (H_2) en condiciones normales: 1 atmósfera de presión y una temperatura de 0°C .

- a) ¿Cuántos moles de hidrógeno hay en el matraz?
b) ¿Cuántos gramos?

$$\text{Dato: } R = 0,082 \text{ atm} \cdot \frac{\text{l}}{(\text{K} \cdot \text{mol})}$$

- a) De acuerdo con la ecuación de los gases perfectos:

$$n = \frac{P \cdot V}{R \cdot T} = \frac{1 \text{ (atm)} \cdot 10 \text{ (l)}}{0,082 \left(\frac{\text{atm} \cdot \text{l}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \right) \cdot 273 \text{ (K)}} = 0,45 \text{ moles}$$

- b) La masa molecular del hidrógeno, H_2 , es 2. Por tanto:

$$0,45 \text{ (moles } \text{H}_2) \cdot 2 \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right) = 0,90 \text{ g } \text{H}_2$$

18. Un matraz contiene 7,15 gramos de oxígeno molecular (O_2) en condiciones normales. ¿Cuál es el volumen del matraz?

La masa molecular del oxígeno, O_2 , es 32. Por tanto, la muestra contiene:

$$\frac{7,15 \text{ (g } \text{O}_2)}{32 \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right)} = 0,22 \text{ moles } \text{O}_2$$

El volumen ocupado es, de acuerdo con la ecuación de los gases perfectos:

$$V = \frac{n \cdot R \cdot T}{P} = \frac{0,22 \text{ (mol)} \cdot 0,082 \left(\frac{\text{atm} \cdot \text{l}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \right) \cdot 273 \text{ (K)}}{1 \text{ (atm)}} = 4,92 \text{ l}$$

También podríamos haberlo calculado, directamente, a partir del volumen molar en condiciones normales (22,4 l):

$$0,22 \text{ (moles)} \cdot 22,4 \left(\frac{\text{l}}{\text{mol}} \right) = 4,92 \text{ l}$$

19. Un vaso de precipitados contiene 100 ml de una disolución 2 M de NaOH en agua. ¿Significa esto que en los 100 ml de disolución hay 2 moles de NaOH?

No. Una disolución 2 M de NaOH contiene 2 moles de NaOH en un litro de disolución (pero no en otro volumen).

20. Una disolución acuosa de ácido nítrico (HNO_3) contiene 0,2 moles de HNO_3 en medio litro de disolución. ¿Cuál es la molaridad de esa disolución?

$$\text{Molaridad} = \frac{0,2 \text{ (moles } \text{HNO}_3)}{0,5 \text{ (l disolución)}} = 0,4 \frac{\text{mol}}{\text{l}} = 0,4 \text{ M}$$

21. Un recipiente (A) contiene 1 litro de disolución 5 M de NaOH en agua. Otro recipiente (B) contiene 10 litros de disolución 1 M de NaOH en agua. ¿Cuál de los dos recipientes contiene mayor cantidad de NaOH?

$$\text{El recipiente A contiene de NaOH: } 1 \text{ (l)} \cdot 5 \left(\frac{\text{mol}}{\text{l}} \right) = 5 \text{ moles}$$

$$\text{El recipiente B: } 10 \text{ (l)} \cdot 1 \left(\frac{\text{mol}}{\text{l}} \right) = 10 \text{ moles.}$$

Por tanto, el recipiente B contiene mayor cantidad de NaOH.

22. Una botella contiene una disolución acuosa 0,5 M de NaOH. Una segunda botella contiene una disolución acuosa 0,5 M de Ca(OH)₂. Si en dos vasos tomamos volúmenes iguales de ambas botellas:
- ¿Contendrán el mismo número de moles de ambos solutos?
 - ¿Contendrán el mismo número de gramos de ambos solutos?

- Sí. Puesto que los volúmenes y las concentraciones son iguales, el número de moles del soluto es el mismo en las dos botellas.
- No, ya que la masa de un mol de NaOH (40 g) es diferente de la masa de un mol de Ca(OH)₂ (74 g).

23. ¿Cuáles de las siguientes fórmulas moleculares son, a su vez, las fórmulas empíricas?

- | | | |
|----------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| a) C ₆ H ₆ | c) C ₃ H ₆ O | e) C ₂ H ₂ |
| b) H ₂ O ₂ | d) H ₂ SO ₄ | |

Sólo coincidirán con la fórmula empírica aquellas fórmulas moleculares que no se puedan simplificar dividiendo todos los subíndices por un divisor común. En este caso, son a su vez fórmulas empíricas, las fórmulas moleculares c) y d).

24. Escribe las fórmulas empíricas de los compuestos del problema anterior.

- CH; b) HO; e) CH.

25. Si se conoce la fórmula molecular de un compuesto, ¿se sabe cuál es su fórmula empírica? ¿Y al revés?

Dada la fórmula molecular, se encuentra la fórmula empírica dividiendo todos los subíndices por su máximo común divisor. Conocida la fórmula empírica, la fórmula molecular es un múltiplo de aquella. Pero para saber exactamente qué múltiplo, se necesita información adicional, por ejemplo, la masa molecular del compuesto.

26. ¿Pueden dos compuestos diferentes, con distinta fórmula molecular, poseer la misma fórmula empírica?

Sí. Como ejemplo podemos citar el benceno (C₆H₆) y el acetileno (C₂H₂). Estos compuestos tienen diferentes fórmulas moleculares, pero la misma fórmula empírica: CH.

27. Determinar la fórmula empírica de un compuesto de carbono e hidrógeno sabiendo que una muestra dada de dicho compuesto contiene 0,0230 moles de C y 0,0615 moles de H.

Como en un mol de cualquier elemento hay el mismo número de átomos, la relación de átomos es la misma que la relación de moles. Por tanto,

$$\frac{\text{átomos C}}{\text{átomos H}} = \frac{0,0230}{0,0615} = \frac{\frac{0,0230}{0,0230}}{\frac{0,0615}{0,0230}} = \frac{1}{2,67} = \frac{3}{8}$$

La relación de números enteros más sencilla es 3:8. Luego la fórmula empírica es C₃H₈.

PROBLEMAS PARA PENSAR

28. Un átomo de un elemento tiene una masa de $9,786 \cdot 10^{-23}$ g. ¿Cuál es su masa atómica?

La masa en gramos de un mol de ese elemento es:

$$\frac{9,786 \cdot 10^{-23} \text{ (g)}}{\text{(átomo)}} \cdot \frac{6,02 \cdot 10^{23} \text{ (átomos)}}{\text{(mol)}} = 58,9 \text{ g/mol}$$

Luego la masa atómica de ese elemento es 58,9 u, ya que el número que da la masa atómica de un elemento en unidades de masa atómica (u) coincide con el número que expresa la masa en gramos de un mol de dicho elemento.

29. Un matraz de 5 l, al que se ha hecho previamente el vacío, se llena de hidrógeno gaseoso. Si la temperatura es 25 °C y la presión, 680 mm Hg:

- a) ¿Cuántas moléculas de H₂ contiene el matraz?
b) ¿Cuál es la densidad del hidrógeno en estas condiciones?

a) El número de moles de hidrógeno que hay en el matraz es, de acuerdo con la ley de los gases perfectos,

$$n = \frac{P \cdot V}{R \cdot T} = \frac{680 \text{ (mm Hg)} \cdot 5 \text{ (l)}}{0,082 \left(\frac{\text{atm} \cdot \text{l}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \right) \cdot 298 \text{ (K)}} = 0,183 \text{ moles}$$

Por tanto, el número de moléculas de H₂ que contiene el matraz es:

$$0,183 \text{ (moles H}_2) \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \left(\frac{\text{moléculas}}{\text{mol}} \right) = 1,1 \cdot 10^{23} \text{ moléculas H}_2$$

b)

$$d = \frac{m}{V} = \frac{0,183 \text{ (mol)} \cdot 2 \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right)}{5 \text{ (l)}} = \frac{0,366 \text{ (g)}}{5 \text{ (l)}} = 0,0732 \text{ g/l}$$

30. El monóxido de carbono (CO) inhalado reduce la capacidad de la sangre para transportar oxígeno a las células. Cuando la concentración alcanza el valor $2,38 \cdot 10^{-4}$ g/l, resulta mortal. Calcular el número de moléculas de CO que debe expulsar el tubo de escape de un automóvil para que se alcance la concentración letal en el interior de un garaje de 100 m³ de volumen.

Los gramos de CO en un garaje de 100 m³ en el que se alcanza la concentración letal, son:

$$2,38 \cdot 10^{-4} \left(\frac{\text{g}}{\text{l}} \right) \cdot 10^5 \text{ (l)} = 23,8 \text{ g}$$

Traducido a moléculas, tenemos:

$$\frac{23,8 \text{ (g)}}{28 \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right)} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \left(\frac{\text{moléculas}}{\text{mol}} \right) = 5,1 \cdot 10^{23} \text{ moléculas}$$

31. ¿Qué masa de glucosa, C₆H₁₂O₆, debe disolverse en agua para preparar 250 ml de una disolución 0,1 M? ¿Qué volumen de la disolución resultante contiene 0,01 moles de glucosa?

Los moles de glucosa en 250 ml de disolución 0,1 M son:

$$0,25 \text{ (l)} \cdot 0,1 \left(\frac{\text{mol}}{\text{l}} \right) = 0,025 \text{ moles}$$

Se necesitan, pues,

$$0,025 \text{ (moles)} \cdot 180 \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right) = 4,5 \text{ g}$$

El volumen de dicha disolución que contiene 0,01 moles de glucosa es:

$$V = \frac{\text{moles}}{M} = \frac{0,01 \text{ (moles)}}{0,1 \left(\frac{\text{mol}}{\text{l}} \right)} = 0,1 \text{ l} = 100 \text{ ml}$$

32. Una muestra de 2 g de permanganato de potasio, KMnO₄, se disolvió en la cantidad de agua suficiente para dar 2 l de disolución. ¿Cuál es la molaridad de la disolución de KMnO₄ obtenida?

Traducidos a moles, los 2 g de permanganato de potasio son:

$$\frac{2 \text{ (g KMnO}_4)}{158,04 \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right)} = 0,0126 \text{ g KMnO}_4$$

La molaridad de la disolución resulta:

$$\text{Molaridad} = \frac{0,0126 \text{ (moles KMnO}_4)}{2 \text{ (l disolución)}} = 6,3 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

33. Una tableta de aspirina típica contiene 0,325 g del compuesto activo ácido acetilsalicílico. ¿Cuál es la concentración promedio, expresada en tanto por ciento en masa, del ácido salicílico en el cuerpo de una persona de 70 kg que ha tomado dos tabletas?

El porcentaje en masa de ácido acetilsalicílico (AAS) será:

$$\frac{2 \cdot 0,325 \text{ (g AAS)}}{70\,000 \text{ (g masa total)}} \cdot 100 = 9,286 \cdot 10^{-4} \%$$

34. En algunos países, se considera que una persona está «legalmente intoxicada» si su sangre contiene 0,1 g (o más) de alcohol etílico (C₂H₅OH) por decilitro. Expresar esta concentración umbral en moles por litro.

$$\frac{0,1 \text{ (g)}}{46 \text{ (g/mol)}} \cdot \frac{1}{0,1 \text{ (l)}} = 0,0217 \text{ mol/l}$$

35. Un paciente tiene un nivel de colesterol de 214. Como muchas otras medidas bioquímicas, este resultado corresponde a las unidades de mg · dl⁻¹. Determinar la concentración molar de colesterol en la sangre de ese paciente. La masa molar del colesterol es 386,64 g · mol⁻¹.

La concentración de colesterol en la sangre del paciente es 214 mg/dl. Expresada en moles/litro, resulta:

$$\frac{214 \cdot 10^{-3} \text{ (g)}}{386,64 \text{ (g/mol)}} \cdot \frac{1}{10^{-1} \text{ (l)}} = 5,53 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$$

36. La putrescina, un producto de la descomposición de la carne, contiene 54,50 % de C, 13,72 % de H, y 31,78 % de N. ¿Cuál es la fórmula empírica de la putrescina?

Elemento	Masa relativa del elemento	Número relativo átomos	Relación atómica más sencilla
C	54,50 g	$\frac{54,50}{12} = 4,54$	$\frac{4,54}{2,27} = 2$
H	13,72 g	$\frac{13,72}{1} = 13,72$	$\frac{13,72}{2,27} = 6$
N	31,78 g	$\frac{31,78}{14} = 2,27$	$\frac{2,27}{2,27} = 1$

Luego la fórmula empírica de la putrescina es C₂H₆N.

37. El medicamento L-Dopamina, utilizado en el tratamiento de la enfermedad de Parkinson, contiene 54,82 % de C, 5,62 % de H, 7,10 % de N, y 32,46 % de O. ¿Cuál es su fórmula empírica?

Elemento	Masa relativa del elemento	Número relativo átomos	Relación atómica más sencilla
C	54,82 g	$\frac{54,82}{12} = 4,568$	$\frac{4,568}{0,507} = 9$
H	5,62 g	$\frac{5,62}{1} = 5,62$	$\frac{5,62}{0,507} = 11$
N	7,10 g	$\frac{7,10}{14} = 0,507$	$\frac{0,507}{0,507} = 1$
O	32,46 g	$\frac{32,46}{16} = 2,029$	$\frac{2,029}{0,507} = 4$

Luego la fórmula empírica de la L-dopamina es C₉H₁₁NO₄.

38. Los bifenilos policlorados (PCBs), cuya acción contaminante sobre el entorno es ahora bien conocida, constituyen un grupo de compuestos de fórmula empírica general $C_{12}H_mCl_{10-m}$, siendo m un entero. ¿Cuál es el valor de m y la fórmula empírica de un PCB que contiene un 58,9 % en masa de cloro?

La masa molecular del PCB es: $12 \cdot 12 + m \cdot 1 + (10 - m) \cdot 35,45 = 498,5 - 34,45 \cdot m$

Dado que el 58,9 % de su masa corresponde al cloro:

$$\frac{(10 - m) \cdot 35,45}{498,5 - 34,45 \cdot m} \cdot 100 = 58,9$$

$$35\,450 - 3\,545\,m = 29\,361,65 - 2\,019,105\,m \Rightarrow m = 4$$

Por tanto, la fórmula empírica del PCB del problema es $C_{12}H_4Cl_6$

39. El fosfato de cinc es utilizado por los dentistas como cemento. Una muestra de 50 mg se descompone en sus elementos, obteniéndose 16,58 mg de oxígeno, 8,02 mg de fósforo y 25,40 mg de cinc. Determinar la fórmula empírica del fosfato de cinc.

Elemento	Masa relativa del elemento	Número relativo átomos	Relación atómica más sencilla
P	8,02 mg	$\frac{8,02}{30,97} = 0,259$	$\frac{0,259}{0,259} = 1$
O	16,58 mg	$\frac{16,58}{16} = 1,036$	$\frac{1,036}{0,259} = 4$
Zn	25,40 mg	$\frac{25,40}{65,38} = 0,388$	$\frac{0,388}{0,259} = 1,5$

Luego la fórmula empírica de fosfato de cinc es, pues, $Zn_3P_2O_8$.

40. Una cierta cantidad de un gas ocupa un volumen de 120 l cuando se almacena a la presión de 700 mm Hg y temperatura de 20 °C. ¿A qué presión el volumen será sólo de 30 litros, manteniendo la temperatura en 20 °C?

De acuerdo con la ecuación de los gases perfectos, $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$, el cociente $\frac{P \cdot V}{T}$ debe permanecer constante para una cantidad de gas dada. Por tanto, marcando con «primas» los valores de las magnitudes finales y sin «primas» los valores iniciales,

$$\frac{P \cdot V}{T} = \frac{P' \cdot V'}{T'}$$

Sustituyendo valores,

$$\frac{700 \text{ (mm Hg)} \cdot 120 \text{ (l)}}{293 \text{ (K)}} = \frac{P' \cdot 30 \text{ (l)}}{293 \text{ (K)}}$$

$$P' = \frac{700 \text{ (mm Hg)} \cdot 120 \text{ (l)}}{30 \text{ (l)}} = 2\,800 \text{ mm Hg}$$

Expresada en atmósferas,

$$\frac{2\,800 \text{ (mm Hg)}}{760 \left(\frac{\text{mm Hg}}{\text{atm}} \right)} = 3,68 \text{ atm}$$

41. Se calienta un gas a presión constante hasta que su volumen se dobla, pasando de 150 a 300 litros. Si la temperatura inicial del gas era de 20 °C, ¿cuál debe ser la temperatura final?

Puesto que la presión permanece constante, la ecuación:

$$\frac{P \cdot V}{T} = \frac{P' \cdot V'}{T'}$$

se reduce a:

$$\frac{V}{T} = \frac{V'}{T'}$$

Sustituyendo valores:

$$\frac{150 \text{ (l)}}{293 \text{ (K)}} = \frac{300 \text{ (l)}}{T'} \Rightarrow T' = \frac{293 \text{ (K)} \cdot 300 \text{ (l)}}{150 \text{ (l)}} = 586 \text{ K}$$

Luego la temperatura final debe ser 586 K = 313 °C.

42. Una cantidad de oxígeno molecular, O₂, ocupa un volumen de 825 ml a 27 °C y una presión de 705 mm Hg. ¿Qué volumen ocupará esa cantidad de oxígeno en condiciones normales de presión y temperatura?

Sustituyendo valores en la ecuación $\frac{P \cdot V}{T} = \frac{P' \cdot V'}{T'}$, tenemos:

$$\frac{825 \text{ (ml)} \cdot 705 \text{ (mm Hg)}}{300 \text{ (K)}} = \frac{V' \cdot 760 \text{ (mm Hg)}}{273 \text{ (K)}} \Rightarrow V' = 696,4 \text{ ml}$$

PROBLEMAS PARA PROFUNDIZAR

43. ¿Cuántos gramos de una disolución acuosa de ácido fosfórico, H₃PO₄, al 85 % en masa (densidad = 1,689 g · ml⁻¹) son necesarios para preparar 2,5 l de una disolución 1,5 M de ácido fosfórico?

Los moles de ácido fosfórico contenidos en los 2,5 l de disolución 1,5 M son:

$$2,5 \text{ (l)} \cdot 1,5 \left(\frac{\text{moles}}{\text{l}} \right) = 3,75 \text{ mol}$$

$$\text{Es decir, } 3,75 \text{ (moles)} \cdot 97,97 \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right) = 367,39 \text{ g}$$

Esos gramos deben proceder de la disolución de H₃PO₄ al 85 % en masa. Si llamamos «x» a la cantidad de dicha disolución que contiene los 367,39 g de ácido fosfórico, tenemos:

$$x \cdot \frac{85 \text{ (g H}_3\text{PO}_4\text{)}}{100 \text{ (g disolución)}} = 367,39 \text{ g H}_3\text{PO}_4 \Rightarrow x = 432,22 \text{ g disolución}$$

44. El ácido nítrico (HNO_3) concentrado es del 69 % en masa y su densidad vale $1,41 \text{ g} \cdot \text{ml}^{-1}$. ¿Qué volumen de ácido nítrico concentrado se necesita para preparar 250 ml de ácido nítrico 0,10 M?

Los gramos de ácido nítrico contenidos en los 250 ml de disolución 0,10 M, son:

$$0,25 \text{ (l)} \cdot 0,1 \left(\frac{\text{mol}}{\text{l}} \right) \cdot 63 \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right) = 1,575 \text{ g}$$

Esos gramos deben proceder de la disolución de HNO_3 al 69 % en masa. Si llamamos «x» a la cantidad de dicha disolución que contiene los 1,575 g de ácido nítrico, tenemos:

$$x \cdot \frac{69 \text{ (g HNO}_3\text{)}}{100 \text{ (g disolución)}} = 1,575 \text{ g HNO}_3 \Rightarrow x = 2,28 \text{ g disolución}$$

Por tanto, el volumen de la disolución concentrada que se necesita es:

$$V = \frac{m}{d} = \frac{2,28 \text{ (g)}}{1,41 \left(\frac{\text{g}}{\text{ml}} \right)} = 1,619 \text{ ml}$$

45. Un whisky (masa = 142 g) contiene 40 % en peso de alcohol etílico ($\text{C}_2\text{H}_5\text{O}$). Alrededor del 15 % del alcohol pasa directamente a la sangre (7 l para un adulto). Estimar la concentración del alcohol en la sangre después de beber dos whiskys. (Una concentración 0,0030 g/ml se considera indicativo de intoxicación en un adulto normal.)

Los gramos de alcohol que pasan directamente a la sangre procedentes de los dos whiskys bebidos, son:

$$2 \cdot 142 \text{ (g whisky)} \cdot \frac{40 \text{ (g alcohol)}}{100 \text{ (g whisky)}} \cdot \frac{15}{100} = 17,04 \text{ g alcohol}$$

La concentración de alcohol en la sangre, suponiendo que el bebedor es un adulto (con 7 l de sangre), resulta:

$$\frac{17,04 \text{ (g)}}{7\,000 \text{ (ml)}} = 0,0024 \text{ g/ml}$$

46. El cinc de una muestra de pintura se convierte en ZnS para su análisis. Si se obtienen 0,132 g de ZnS a partir de 5,10 g de muestra, ¿cuál es el porcentaje de cinc en la pintura?

La cantidad de cinc en los 0,132 g de ZnS es:

$$0,132 \text{ (g ZnS)} \cdot \frac{65,38 \text{ (g Zn)}}{97,45 \text{ (g ZnS)}} = 0,08856 \text{ g Zn}$$

Luego el porcentaje, en masa, de cinc en la pintura es:

$$\frac{0,08856 \text{ (g Zn)}}{5,10 \text{ (g pintura)}} \cdot 100 = 1,74 \%$$