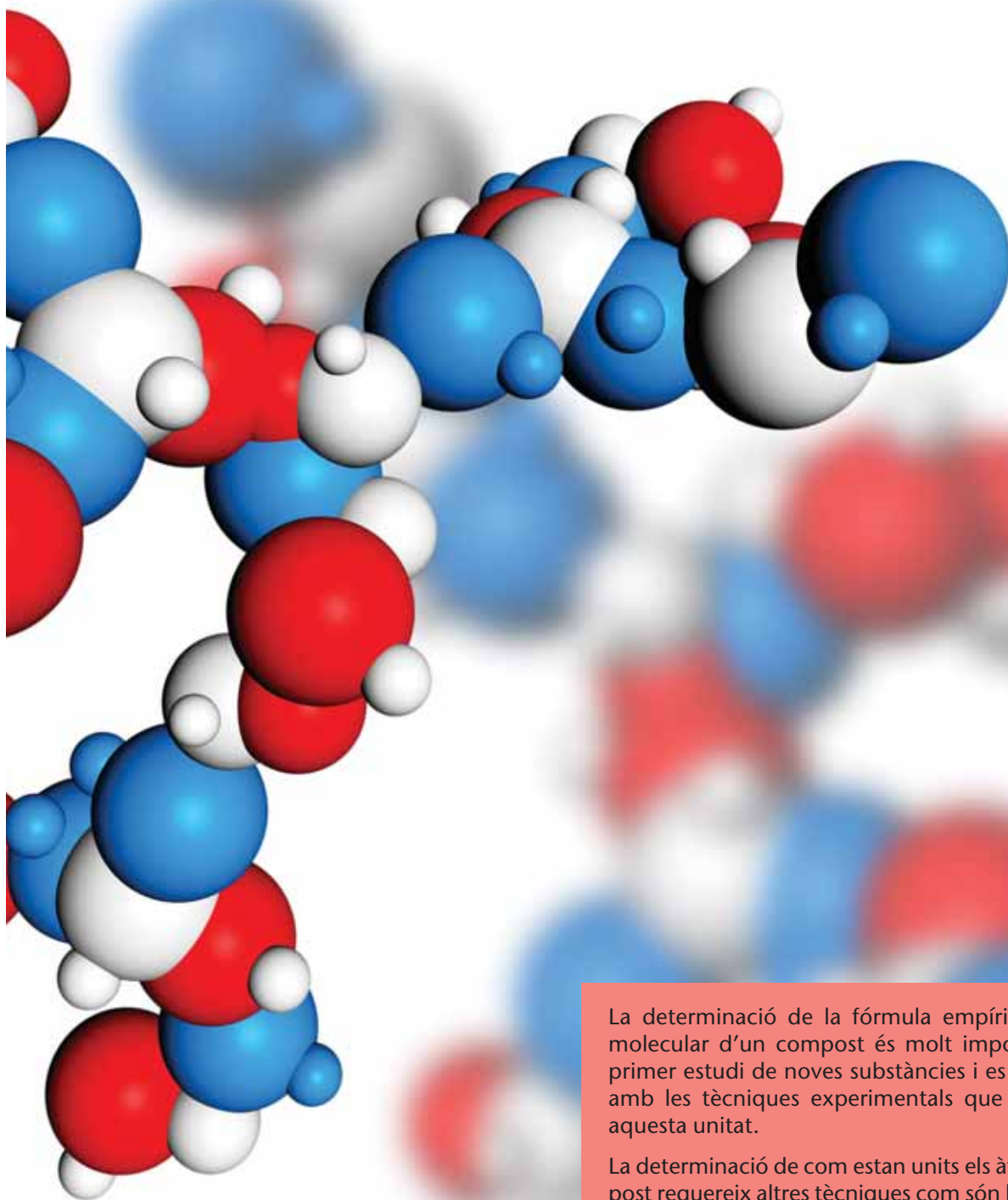


3 | Determinació de fórmules empíriques i moleculars



La determinació de la fórmula empírica i la fórmula molecular d'un compost és molt important per a un primer estudi de noves substàncies i es pot aconseguir amb les tècniques experimentals que s'expliquen en aquesta unitat.

La determinació de com estan units els àtoms en el compost requereix altres tècniques com són l'espectroscòpia i la difracció de raigs X i d'electrons.

1 | Fórmules químiques



1. L'àcid acètic, $\text{CH}_3\text{-COOH}$, és un líquid incolor d'una olor molt característica. El gust àcid del vinagre és degut a l'àcid acètic que conté.



2. L'àcid làctic ($\text{CH}_3\text{-CHOH-COOH}$) és un líquid incolor amb aspecte de xarop i es troba a la llet agra.

La fórmula més senzilla d'un compost és la seva fórmula empírica. Consta dels símbols dels elements que formen el compost amb subíndexs que expressen la proporció en què es troben. Aquests subíndexs s'escullen de manera que siguin els nombres enters més senzills possibles.

La fórmula molecular consta dels símbols dels elements que formen la molècula amb subíndexs que expressen el nombre total d'àtoms de cada element que formen aquesta molècula. Així, per exemple, la fórmula molecular del benzè és C_6H_6 . Això vol dir que cada molècula de benzè està formada per 6 àtoms de carboni i 6 àtoms d'hidrogen.

La fórmula empírica del benzè és CH , que indica que, en cada molècula, per cada àtom de C hi ha un àtom de H.

Substàncies diferents poden tenir la mateixa fórmula empírica: així, l'àcid etanoic o àcid acètic, ($\text{CH}_3\text{-COOH}$) i l'àcid làctic ($\text{CH}_3\text{-CHOH-COOH}$), són compostos orgànics ben diferents que tenen la mateixa fórmula empírica: CH_2O .

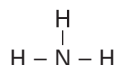
Tampoc la fórmula molecular no és sempre específica d'un compost.

Així, per exemple, l'1-propanol ($\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{OH}$) i el 2-propanol ($\text{CH}_3\text{-CHOH-CH}_3$) són dos alcohols diferents, però ambdós tenen la mateixa fórmula molecular: $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$.

Quan dos o més compostos diferents tenen la mateixa fórmula molecular es diu que són isòmers. El fenomen corresponent rep el nom d'**isomeria** i és molt freqüent en compostos orgànics, com estudiaràs a la unitat 9.

Quan una fórmula ens indica com estan distribuïts els àtoms en el compost s'anomena **fórmula constitucional**. Per simbolitzar la constitució d'una molècula ens valem de l'anomenada fórmula desenvolupada plana que ens detalla cada un dels enllaços que uneixen els àtoms en la molècula.

Per exemple, la fórmula desenvolupada plana de la molècula d'amoniac, NH_3 , és:



Aquesta fórmula ens indica que els tres àtoms d'hidrogen estan units a un mateix àtom de nitrogen, però no dóna informació sobre la seva disposició a l'espai.

Quan una fórmula indica, a més, la disposició dels àtoms a l'espai s'anomena **fórmula configuracional** (anomenada també fórmula estructural).



3. a) Model molecular de l'amoniac, amb boles i varetes que indiquen les direccions dels enllaços. b) Model molecular compacte de l'amoniac.



2 | Determinació de fórmules empíriques i moleculars

La determinació de la fórmula empírica d'un compost es fa a partir de la seva **composició centesimal** trobada fent una **anàlisi química** del compost pur.

La composició centesimal d'un compost és el tant per cent de la massa corresponent a cada un dels elements que el formen. Si prenem 100 g de compost com a base de càlcul, la composició centesimal ens dóna la massa en grams de cada element que hi ha en els 100 g del compost.

Per establir la fórmula molecular d'un compost, s'ha de conèixer, a més de la fórmula empírica, la massa molecular, trobada, en general, amb força aproximació. Observa que la fórmula molecular d'un compost pot coincidir amb la fórmula empírica o ser-ne un múltiple enter.

El problema invers, és a dir, trobar la composició centesimal d'un compost a partir de la fórmula empírica o molecular –dada que pot ser útil en casos concrets–, es resol fàcilment amb un càlcul de proporcions, tenint en compte les masses atòmiques dels compostos.

El coneixement de la fórmula empírica o la molecular d'una substància no implica cap coneixement sobre la seva fórmula configuracional o estructural, però la seva determinació és important per a un primer estudi de noves substàncies. La determinació de la fórmula estructural requereix tècniques com l'espectroscòpia i la difracció dels raigs X.

A continuació, i mitjançant exemples, s'explica com es poden determinar fórmules empíriques i moleculars a partir de dades experimentals. En l'últim dels exemples, es mostra la manera d'operar per trobar la composició centesimal d'un compost a partir de la seva fórmula i de les masses atòmiques dels elements que el formen.

EXEMPLES

Fórmules empíriques

1. **En analitzar una mostra d'un hidrocarbur, es troba experimentalment que conté un 85,62 % de carboni. Troba la fórmula empírica de l'hidrocarbur.**

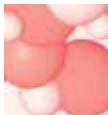
Com que un hidrocarbur és un compost molecular que conté únicament carboni i hidrogen, el percentatge d'hidrogen a la mostra serà 14,38 %. Si prenem com a base de càlcul 100,0 g del compost, tindrà 85,62 g de carboni i 14,38 g d'hidrogen.

Els mols d'àtoms de carboni i hidrogen en els 100 g de mostra seran:

$$n(\text{C}) = 85,62 \text{ g de C} \times \frac{1 \text{ mol d'àtoms de C}}{12,01 \text{ g C}} = 7,128 \text{ mol d'àtoms de C}$$

$$n(\text{H}) = 14,38 \text{ g de H} \times \frac{1 \text{ mol d'àtoms de H}}{1,008 \text{ g H}} = 14,27 \text{ mol d'àtoms de H}$$

Aquest resultat ens indica que, per cada 7,128 mol d'àtoms de C, hi ha 14,27 mol d'àtoms de H.



La relació entre mols d'àtoms és la mateixa que entre àtoms. Per tant:

7,128 àtoms de C: 14,27 àtoms de H

Però en els compostos, els àtoms estan en una relació de nombres enters senzills. Per trobar aquesta relació, dividirem els dos resultats obtinguts pel nombre més petit:

$$\frac{7,128 \text{ àtoms de C}}{7,128} = 1 \text{ àtom de C}$$

$$\frac{14,27 \text{ àtoms de H}}{7,128} = 2,002 \text{ àtoms de H} \approx 2$$

I resulta pràcticament una relació 2:1. Per tant, en la molècula del compost hi haurà dos àtoms d'hidrogen per cada àtom de carboni.

La fórmula empírica d'aquest compost serà: CH_2 .

La lleugera discrepància trobada (2,002 àtoms en lloc de 2) és deguda a la utilització de dades experimentals, d'exactitud sempre relativa.

2. Una mostra de 0,386 g d'un òxid de crom conté 0,264 g de crom. Troba'n la fórmula empírica.

No és condició necessària partir de 100 g de mostra per trobar la relació entre el nombre d'àtoms de cada element que hi ha en un compost. Es pot utilitzar qualsevol quantitat de mostra com a base de càlcul. Observant les dades del problema, utilitzarem com a base de càlcul els grams d'òxid analitzat.

$$\text{En 0,386 g d'òxid hi ha} \quad \left\{ \begin{array}{l} 0,264 \text{ g de crom} \\ 0,122 \text{ g d'oxigen} \end{array} \right.$$

Els mols d'àtoms de cada element presents en els 0,386 g d'òxid són:

$$n(\text{Cr}) = 0,264 \text{ g de Cr} \times \frac{1 \text{ mol d'àtoms de Cr}}{52,0 \text{ g Cr}} = 5,08 \times 10^{-3} \text{ mol d'àtoms de Cr}$$

$$n(\text{O}) = 0,122 \text{ g de O} \times \frac{1 \text{ mol d'àtoms de O}}{16,0 \text{ g de O}} = 7,63 \times 10^{-3} \text{ mol d'àtoms de O}$$

La relació entre els mols d'àtoms de crom i d'oxigen és la mateixa que la relació entre àtoms. Per tant, en l'òxid de crom tindrem $5,08 \times 10^{-3}$ àtoms de crom per cada $7,63 \times 10^{-3}$ àtoms d'oxigen que, dividint pel valor més petit, ens dona una relació:

1 àtom de Cr: 1,5 àtoms de O

La relació trobada expressada en nombres enters és:

2 àtoms de Cr: 3 àtoms de O

La fórmula empírica buscada és: Cr_2O_3 .

3. Si s'escalfa en l'aire una mostra de 0,853 g d'òxid de manganès (IV), MnO_2 , pur, s'observa que es desprèn oxigen i queda un residu de 0,775 g d'un òxid de manganès diferent del de partida. Troba la fórmula empírica del nou òxid obtingut.

Si en escalfar el MnO_2 , es desprèn oxigen, la massa de manganès continguda en 0,853 g de MnO_2 ha de ser la mateixa que la continguda en 0,775 g del nou òxid obtingut. Per tant:



$$m(\text{Mn}) = 0,853 \text{ g de MnO}_2 \times \frac{54,94 \text{ g Mn}}{86,94 \text{ g MnO}_2} = 0,539 \text{ g de Mn}$$

ja que $M(\text{Mn}) = 54,94 \text{ g/mol}$ i $M(\text{MnO}_2) = 86,94 \text{ g/mol}$.

En 0,775 g del nou òxid hi ha 0,539 g de manganès i la resta és oxigen. La massa d'oxigen en el nou òxid és:

$$m(\text{O}) = 0,775 \text{ g d'òxid} - 0,539 \text{ g de Mn} = 0,236 \text{ g de O}$$

Així:

$$\text{En 0,775 g d'òxid hi ha} \left\{ \begin{array}{l} 0,539 \text{ g de Mn} \\ 0,236 \text{ g de O} \end{array} \right.$$

La quantitat de cada element serà:

$$n(\text{Mn}) = 0,539 \text{ g de Mn} \times \frac{1 \text{ mol d'àtoms de Mn}}{54,94 \text{ g de Mn}} = 9,81 \times 10^{-3} \text{ mol d'àtoms de manganès}$$

$$n(\text{O}) = 0,236 \text{ g de O} \times \frac{1 \text{ mol d'àtoms de O}}{16,00 \text{ g de O}} = 1,475 \times 10^{-2} \text{ mol d'àtoms d'oxigen}$$

En el nou òxid de manganès hi ha $9,8 \times 10^{-3}$ àtoms de manganès per cada $1,48 \times 10^{-2}$ àtoms d'oxigen. Dividint pel valor més petit ens dona una relació d'un àtom de manganès per cada 1,5 àtoms d'oxigen, relació equivalent a la de 2 àtoms de manganès per cada 3 àtoms d'oxigen.

La fórmula empírica buscada serà: Mn_2O_3 .

- 4. Per combustió d'1,000 g d'un compost orgànic que conté carboni, hidrogen i oxigen, s'obtenen 1,913 g de diòxid de carboni i 1,174 g d'aigua. Troba la fórmula empírica del compost analitzat.**

Calculant els grams de carboni que hi ha en 1,913 g de CO_2 i els grams d'hidrogen que hi ha en 1,174 g de H_2O , sabrem la massa de carboni i hidrogen que hi ha en 1,000 g del compost orgànic original. Per tant:

$$m(\text{C}) = 1,913 \text{ g de CO}_2 \times \frac{1 \text{ mol de CO}_2}{44,01 \text{ g de CO}_2} \times \frac{12,01 \text{ g de C}}{1 \text{ mol de CO}_2} = 0,5220 \text{ g de C}$$

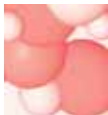
$$m(\text{H}) = 1,174 \text{ g de H}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ mol de H}_2\text{O}}{18,02 \text{ g de H}_2\text{O}} \times \frac{2,016 \text{ g de H}}{1 \text{ mol de H}_2\text{O}} = 0,1314 \text{ g de H}$$

La massa d'oxigen que hi ha en 1,000 g del compost es calcula per diferència:

$$m(\text{O}) = 1,000 \text{ g del compost} - (0,5220 \text{ g de C} + 0,1314 \text{ g de H}) = 0,3466 \text{ g d'oxigen}$$

Com que es tenen totes les dades referides a la mateixa base de càlcul (1,000 g de mostra), podem calcular el nombre de mols d'àtoms de cada element:

$$n(\text{C}) = 0,5220 \text{ g de C} \times \frac{1 \text{ mol d'àtoms de C}}{12,01 \text{ g de C}} = 0,0435 \text{ mol d'àtoms de carboni}$$



$$n(\text{O}) = 0,3466 \text{ g de O} \times \frac{1 \text{ mol d'àtoms de O}}{16,00 \text{ g de O}} = 0,0217 \text{ mol d'àtoms d'oxigen}$$

$$n(\text{H}) = 0,1314 \text{ g de H} \times \frac{1 \text{ mol d'àtoms de H}}{1,008 \text{ g de H}} = 0,1304 \text{ mol d'àtoms d'hidrogen}$$

En el compost analitzat hi ha 0,0435 àtoms de carboni per cada 0,0217 àtoms d'oxigen i per cada 0,1304 àtoms d'hidrogen. Dividint pel valor més petit, obtindrem la relació equivalent expressada en nombres enters:

2 àtoms de C: 1 àtom de O: 6 àtoms de H

La fórmula empírica buscada és: $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$.

Fórmules moleculars

5. En analitzar una mostra d'un compost orgànic es troba que conté un 18,18 % de carboni, un 24,24 % d'oxigen i un 57,58 % de fluor. Un gram (1,00 g) d'aquest compost en estat gasós ocupa, en c. n., 0,340 litres. Troba:

a) La fórmula empírica.

b) La fórmula molecular.

c) La massa molecular del compost orgànic.

a) Per trobar la fórmula empírica prendrem com a base de càlcul 100,0 g del compost. Seguint el mateix raonament que en problemes anteriors:

$$n(\text{C}) = 18,18 \text{ g de C} \times \frac{1 \text{ mol d'àtoms de C}}{12,01 \text{ g de C}} = 1,514 \text{ mol d'àtoms de carboni}$$

$$n(\text{O}) = 24,24 \text{ g de O} \times \frac{1 \text{ mol d'àtoms de O}}{16,00 \text{ g de O}} = 1,515 \text{ mol d'àtoms d'oxigen}$$

$$n(\text{F}) = 57,58 \text{ g de F} \times \frac{1 \text{ mol d'àtoms de F}}{19,00 \text{ g de F}} = 3,031 \text{ mol d'àtoms de fluor}$$

El resultat ens indica que, en el compost analitzat, la relació entre àtoms és:

1,514 àtoms de C: 1,515 àtoms de O: 3,031 àtoms de F

Dividint aquests tres resultats pel valor més petit, la relació anterior és equivalent a:

1 àtom de C: 1 àtom de O: 2 àtoms de F

La fórmula empírica és: COF_2 .

La seva massa fórmula és: $12,01 + 16,00 + 2 \times 19,00 = 66,01$.

b) La fórmula molecular serà COF_2 o un múltiple enter d'aquesta, $(\text{COF}_2)_n$, en què n és igual a 1, 2, 3... Per establir la fórmula molecular es necessita conèixer la massa molecular del compost.

Podem trobar la massa molecular del compost amb força aproximació utilitzant les dades que figuren a la segona part de l'enunciat del problema. La massa molecular trobada a partir de les lleis dels gasos és aproximada, ja que s'apliquen a un gas real les lleis dels gasos ideals.



La massa molar aproximada del compost és:

$$M \text{ (aproximada)} = \frac{1,00 \text{ g}}{0,340 \text{ L}} \times \frac{22,4 \text{ L}}{1 \text{ mol}} = 66,0 \text{ g/mol}$$

La seva massa molecular aproximada és: $M_r = 66,0$.

Com que el grup COF_2 té una massa fórmula igual a 66,01, en aquest cas, la fórmula empírica i la molecular coincideixen. Per tant:

La fórmula molecular del compost és: COF_2 .

- c) La massa molecular exacta del compost es calcula a partir de la fórmula molecular trobada i de les masses atòmiques dels elements que el componen:

$$M_r (\text{C OF}_2) = 66,01$$

- 6. Un compost orgànic conté carboni, hidrogen i clor. Per combustió d'1,000 g d'aquest compost s'obtenen 1,364 g de diòxid de carboni i 0,698 g d'aigua.**

En estat gasós 5,098 g del compost ocupen un volum d'1,00 dm³ a una temperatura de 314 K i pressió de 102,5 kPa. Calcula:

a) La fórmula empírica.

b) La fórmula molecular.

c) La massa molecular o pes molecular del compost orgànic analitzat.

- a) Per trobar la fórmula empírica procedirem com a l'exemple 4:

$$m(\text{C}) = 1,364 \text{ g de CO}_2 \times \frac{1 \text{ mol de CO}_2}{44,01 \text{ g de CO}_2} \times \frac{12,01 \text{ g de C}}{1 \text{ mol de CO}_2} = 0,3722 \text{ g de carboni}$$

$$m(\text{H}) = 0,698 \text{ g de H}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ mol de H}_2\text{O}}{18,016 \text{ g de H}_2\text{O}} \times \frac{2,016 \text{ g de H}}{1 \text{ mol de H}_2\text{O}} = 0,0781 \text{ g d'hidrogen}$$

$$m(\text{Cl}) = 1,000 \text{ g de compost} - (0,3722 \text{ g de C} + 0,0781 \text{ g de H}) = 0,5497 \text{ g de clor}$$

El nombre de mols d'àtoms de cada element continguts en 1,000 g del compost serà:

$$n(\text{C}) = 0,3722 \text{ g de C} \times \frac{1 \text{ mol d'àtoms de C}}{12,01 \text{ g de C}} = 0,0310 \text{ mol d'àtoms de carboni}$$

$$n(\text{H}) = 0,0781 \text{ g de H} \times \frac{1 \text{ mol d'àtoms de H}}{1,008 \text{ g de H}} = 0,0775 \text{ mol d'àtoms d'hidrogen}$$

$$n(\text{Cl}) = 0,5497 \text{ g de Cl} \times \frac{1 \text{ mol d'àtoms de Cl}}{35,45 \text{ g de Cl}} = 0,0155 \text{ mol d'àtoms de clor}$$

La relació d'àtoms en el compost analitzat és:

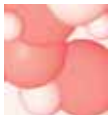
$$0,0310 \text{ àtoms de C} : 0,0775 \text{ àtoms de H} : 0,0155 \text{ àtoms de Cl}$$

Dividint pel valor més petit, la relació anterior és equivalent a:

$$2 \text{ àtoms de C} : 5 \text{ àtoms de H} : 1 \text{ àtom de Cl.}$$

La fórmula empírica és: $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$.

La seva massa fórmula és: $2 \times 12,01 + 5 \times 1,008 + 35,45 = 64,51$.



- b) La fórmula molecular serà $(C_2H_5Cl)_n$ ($n = 1, 2, 3...$). Per trobar-la necessitem conèixer, encara que sigui aproximadament, la massa molecular del compost orgànic. Amb les dades que figuren a la segona part de l'enunciat del problema i utilitzant l'equació general dels gasos perfectes podem trobar aquesta massa molar aproximada:

$$p V = n R T = \frac{m}{M} R T$$

on m és la massa de gas.

La massa molar aproximada del compost és:

$$M \text{ (aproximada)} = \frac{m R T}{p V} = \frac{5,098 \text{ g} \times 8,31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \times 314 \text{ K}}{1,025 \times 10^5 \text{ Pa} \times 1,00 \times 10^{-3} \text{ m}^3} = 129,8 \text{ g/mol}$$

La massa molecular trobada és, doncs, 129,8. Com que aquesta massa molecular és aproximadament igual al doble de la massa de la fórmula empírica, **n és igual a dos**.

$$\text{En efecte: } n = \frac{129,8}{64,51} = 2,01 \approx 2$$

La fórmula molecular serà: $C_4H_{10}Cl_2$.

- c) La massa molecular exacta serà:

$$M_r(C_4H_{10}Cl_2) = 64,51 \times 2 = \mathbf{129,0}$$

Composició centesimal deduïda a partir de la fórmula d'un compost

7. **Calcula la composició centesimal del $Cr_2(SO_4)_3$, si coneixem les masses atòmiques del crom, oxigen i sofre que són, respectivament: $A_r(\text{Cr}) = 52,0$; $A_r(\text{O}) = 16,0$; $A_r(\text{S}) = 32,1$.**

La massa d'un mol de $Cr_2(SO_4)_3$ es de 392,3 g.

$$\text{En } 392,3 \text{ g de } Cr_2(SO_4)_3 \text{ hi ha } \begin{cases} 3 \times 32,1 = 96,3 \text{ g de S} \\ 2 \times 52,0 = 104,0 \text{ g de Cr} \\ 12 \times 16,0 = 192,0 \text{ g de O} \end{cases}$$

Si dividim els 96,3 g de S per 392,3 g de $Cr_2(SO_4)_3$, tindrem els grams de sofre que hi ha a cada gram de $Cr_2(SO_4)_3$; és a dir, el tant per u. Multiplicant el resultat per cent, tindrem el tant per cent.

$$\% \text{ S} = \frac{96,3 \text{ g de S}}{392,3 \text{ g } Cr_2(SO_4)_3} \times 100 \text{ g } Cr_2(SO_4)_3 = 24,6 \text{ g de S en } 100 \text{ g de } Cr_2(SO_4)_3 = \mathbf{24,6 \% \text{ de S}}$$

De la mateixa manera:

$$\% \text{ Cr} = \frac{104,0 \text{ g de Cr}}{392,3 \text{ g } Cr_2(SO_4)_3} \times 100 \text{ g } Cr_2(SO_4)_3 = \mathbf{26,5 \% \text{ de crom}}$$

$$\% \text{ O} = \frac{192,0 \text{ g de O}}{392,3 \text{ g } Cr_2(SO_4)_3} \times 100 \text{ g } Cr_2(SO_4)_3 = \mathbf{48,9 \% \text{ d'oxigen}}$$



RESUM

La **fórmula empírica** d'un compost químic consta dels símbols dels elements que el formen amb subíndexs que expressen la proporció en què es troben. Aquests subíndexs s'escullen de manera que siguin els nombres enters més senzills possibles. El subíndex 1 se sobreentén i no s'escriu.

La **fórmula molecular** consta dels símbols dels elements que formen la molècula amb subíndexs que indiquen quants àtoms de cada element formen la molècula esmentada.

La fórmula molecular és igual a la fórmula empírica o un múltiple enter d'ella.

El coneixement de la fórmula empírica o la molecular no implica cap coneixement sobre com estan distribuïts els àtoms en el compost i tampoc ens indica la disposició dels àtoms a l'espai.

La **composició centesimal** d'un compost ens dona la massa en grams de cada element que hi ha en 100 g del dit compost.

Per calcular la composició centesimal d'un compost s'han de conèixer la seva fórmula i les masses atòmiques dels elements que formen el compost.

Per **determinar la fórmula empírica** d'un compost és necessari:

- Disposar de substàncies pures.
- Fer una anàlisi qualitativa per saber quins elements formen el compost.
- Fer una anàlisi quantitativa per conèixer la seva composició centesimal.

Fins aquí la labor és experimental. Un cop coneguda la composició centesimal es calculen els mols d'àtoms de cada element que formen el compost. La relació entre mols és la mateixa que la relació entre àtoms, tenint en compte que en els compostos els àtoms estan en una relació de nombres enters senzills.

Per **determinar la fórmula molecular** s'ha de conèixer la massa molecular del compost.

ACTIVITATS

- 1 Explica la diferència que hi ha entre la fórmula empírica i la fórmula molecular d'un compost.
- 2 Quina dada experimental es necessita per saber la fórmula molecular, una vegada trobada la fórmula empírica?
- 3 La fórmula molecular del benzè és C_6H_6 i la de l'etilè o acetilè és C_2H_2 . La composició centesimal del benzè és la mateixa que la de l'acetilè? Raona'n la resposta.
- 4 Quina diferència hi ha entre una fórmula molecular i una fórmula estructural?
- 5 Un òxid de ferro conté un 72,34 % de ferro i un 27,66 % d'oxigen. Determina'n la fórmula empírica.
- 6 Un compost orgànic format per carboni, hidrogen i oxigen conté un 69,72 % de carboni i un 11,70 % d'hidrogen. Determina'n la fórmula empírica.
- 7 En escalfar un clorur de platí, es descompon en clor i platí. Si s'escalfen 2,000 g d'aquest clorur s'obtenen 1,158 g de platí. Troba la fórmula empírica del compost analitzat.
- 8 El xenó reacciona amb el fluor i s'obtenen, segons les condicions, XeF_2 , XeF_4 o XeF_6 . Un recipient tancat d' $1,00 \text{ dm}^3$ conté fluor i xenó a les pressions parcials respectives de $7,08 \times 10^5 \text{ Pa}$ i $1,72 \times 10^5 \text{ Pa}$, i temperatura de 298 K. La mescla s'escalfa durant un cert temps i un cop refredada una altra vegada a 298 K, s'analitza el contingut del recipient. Tot el gas xenó ha reaccionat per formar un compost sòlid de fluor i xenó. La pressió del fluor que queda sense reaccionar és de $3,65 \times 10^5 \text{ Pa}$.

Quina és la fórmula empírica del fluorur de xenó obtingut?





- 9** Per combustió de 0,2460 g d'un colorant anomenat groc d'anilina (un compost orgànic que conté carboni, hidrogen i nitrogen) s'obtenen 0,7090 g de diòxid de carboni i 0,1320 g d'aigua. Troba la fórmula empírica del compost analitzat.
- 10** Es disposa d'una mostra d'un compost gasós format per bor i hidrogen. Per combustió d'1,192 g d'aquest compost s'obtenen 2,34 g d'aigua i tot el bor es converteix en B_2O_3 (sòlid). El gas, en c. n., té una densitat d' 1,23 kg m⁻³. Troba la fórmula molecular de l'hidrur analitzat.
- 11** En analitzar una mostra d'un compost orgànic gasós, es troba que conté un 53,3 % de carboni, un 31,1 % de nitrogen i un 15,6 % d'hidrogen. A la pressió d'101,1 kPa i temperatura de 298 K, aquest compost té una densitat d'1,84 kg/m³. Troba la fórmula molecular del compost analitzat.
- 12** Un compost líquid molt volàtil format per sofre i fluor conté un 25,23 % de sofre. A 373 K i 101 kPa, aquest compost, en estat gasós, té una densitat de 8,3 g dm⁻³. Troba la fórmula empírica, la fórmula molecular i la massa molecular del compost analitzat. Anomena'l.
- 13** Un compost orgànic conté carboni, hidrogen i oxigen. Per combustió de 0,875 g d'aquest compost s'obtenen 1,283 g de diòxid de carboni i 0,525 g d'aigua. En estat gasós, la seva densitat respecte a l'aire és de 2,08. Troba la fórmula molecular del compost analitzat.
- 14** Determina la fórmula molecular d'un compost orgànic sabent que conté un 8,1 % d'hidrogen, un 48,7 % de carboni i la resta és oxigen, i que 0,629 g d'aquest compost, en estat gasós, ocupen 260,0 cm³ mesurats a 373 K de temperatura i 101,1 kPa de pressió.
- 15** Un compost químic format per potassi, clor i oxigen conté el 28,25 % de potassi, el 25,64 % de clor i la resta és oxigen.
a) Determina'n la fórmula empírica.
b) Si en aquest cas la fórmula empírica és igual a la molecular, anomena el compost analitzat.
- 16** Una mostra d'1,000 g d'un compost format per fluor, alumini i sodi conté 0,5419 g de fluor, 0,1302 g d'alumini i 0,3279 g de sodi. Determina'n la fórmula empírica.
- 17** El nitrat de sodi, $NaNO_3$, i el nitrat de potassi, KNO_3 , són dos compostos químics que s'utilitzen com a adobs nitrogenats. Calcula quin dels dos conté més tant per cent de nitrogen.
- 18** Els dos compostos químics inorgànics de més incidència en l'economia d'un país industrial són: l'àcid sulfúric, (H_2SO_4) i l'amoníac, (NH_3). Troba la composició centesimal de cada un d'ells.
- 19** Els gasos nobles o inerts, He, Ar, Kr, Xe i Rn, són monoatòmics. El descobriment que els gasos nobles poden formar compostos químics data de 1962. La majoria dels compostos coneguts són de xenó. Troba la composició centesimal del tetrafluorur de xenó, (XeF_4).
- 20** El fosfat de calci, $Ca_3(PO_4)_2$, és un compost químic insoluble en aigua. En canvi, el permanganat de potassi, $KMnO_4$, és soluble en aigua. Troba la composició centesimal de cada un.

Investiga

- 21** Investiga els mètodes per determinar masses moleculars.
- 22** Investiga com determinaries el nombre de molècules d'aigua de cristallització del sulfat de coure de color blau. Indica el material emprat.

A www.ecasals.net trobaràs una llista de pàgines web que t'ajudaran a iniciar la teva investigació. No oblidis consultar també enciclopèdies i llibres especialitzats.