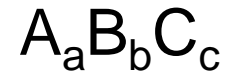


Consideriamo un composto di formula generica:



La formula di un composto (ionico o molecolare) fornisce in maniera immediata e diretta la sua composizione atomica:

Una molecola di formula $A_a B_b C_c$ contiene:

a atomi dell'elemento **A**

b atomi dell'elemento **B**

c atomi dell'elemento **C**

Il rapporto atomico tra gli elementi che formano il composto è:





Ad ogni formula di sostanza pura possiamo associare una quantità in grammi pari al suo peso molecolare, cioè una mole, che contiene un numero di Avogadro di molecole della sostanza stessa.

Una mole di composto $A_a B_b C_c$ contiene:

- a** · N_A atomi dell'elemento **A**, cioè **a** moli dell'elemento **A**
- b** · N_A atomi dell'elemento **B**, cioè **b** moli dell'elemento **B**
- c** · N_A atomi dell'elemento **C**, cioè **c** moli dell'elemento **C**

$$m_A \text{ (g)} = a \text{ (mol)} \cdot P_{A_A} \text{ (g/mol)} \text{ dell'elemento } \mathbf{A}$$

$$m_B \text{ (g)} = b \text{ (mol)} \cdot P_{A_B} \text{ (g/mol)} \text{ dell'elemento } \mathbf{B}$$

$$m_C \text{ (g)} = c \text{ (mol)} \cdot P_{A_C} \text{ (g/mol)} \text{ dell'elemento } \mathbf{C}$$

Il rapporto ponderale che caratterizza il composto è:

$$m_A : m_B : m_C$$

$$a P_{A_A} \text{ (g)} : b P_{A_B} \text{ (g)} : c P_{A_C} \text{ (g)}$$

composizione percentuale ponderale di una sostanza

$$m_A \text{ (g)} : m_{A_a B_b C_c} \text{ (g)} = X_A \text{ (g)} : 100 \text{ (g)}$$

$$a \text{ (mol)} \cdot PA_A \text{ (g/mol)} : 1 \text{ (mol)} \cdot PM_{A_a B_b C_c} \text{ (g/mol)} = X_A \text{ (g)} : 100 \text{ (g)}$$

$$X_A \text{ (g)} = \frac{a \cdot PA_A}{PM_{A_a B_b C_c}} \cdot 100 = \% A$$

$$X_B \text{ (g)} = \frac{b \cdot PA_B}{PM_{A_a B_b C_c}} \cdot 100 = \% B$$

$$X_C \text{ (g)} = \frac{c \cdot PA_C}{PM_{A_a B_b C_c}} \cdot 100 = \% C$$

$$\% A + \% B + \% C = 100$$

La teoria atomica di Dalton (John Dalton 1766-1844)

- 1) La materia è costituita di atomi, particelle di materia indivisibili.
- 2) Un elemento chimico è formato da atomi tutti uguali tra loro.
- 3) Elementi diversi sono formati da atomi diversi per volume, massa e proprietà.
- 4) Atomi uguali o diversi possono unirsi tra loro per formare i composti chimici.

La legge delle proporzioni definite di Joseph Louis Proust (1754-1826)

Quando due o più elementi si combinano tra loro per dare un composto, lo fanno secondo un rapporto in peso determinato e costante.

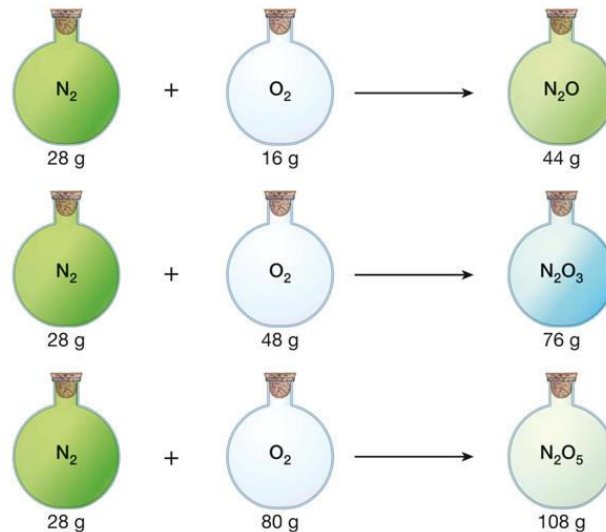
Gli elementi che formano un determinato composto chimico sono presenti nel composto sempre nella stessa composizione percentuale in peso.

La teoria atomica e la la legge delle proporzioni definite

La teoria atomica di Dalton stabilisce che gli atomi di uno stesso elemento sono indivisibili. Pertanto quando un elemento si combina con un altro per formare un composto, avverrà che un certo numero intero di atomi del primo si unisce sempre con lo stesso numero intero di atomi dell'altro. Pertanto il rapporto ponderale degli elementi in un composto deve essere sempre lo stesso.

La legge delle proporzioni multiple di Dalton

Quando due elementi si combinano tra loro per dare più composti, una stessa quantità di uno dei due elementi si combina con quantità multiple dell'altro. Le quantità multiple stanno tra loro come numeri piccoli e interi.

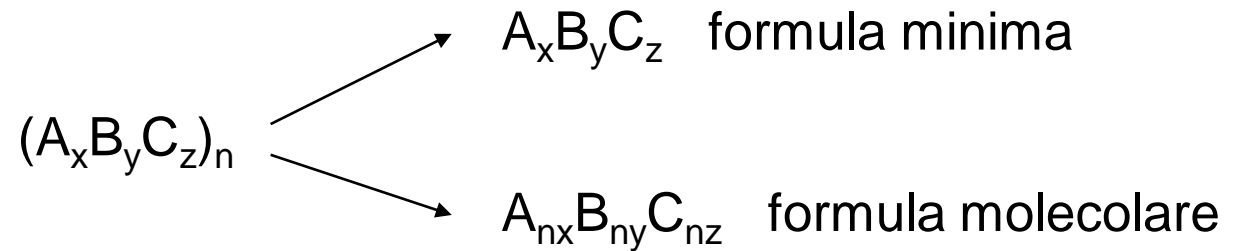


La teoria atomica e la legge delle proporzioni multiple

Anche questa legge trova spiegazione naturale nella teoria atomica di Dalton. Infatti, poiché il numero di atomi di un elemento è sempre intero nell'unità molecolare dei suoi composti, il rapporto tra gli atomi dello stesso elemento (o tra il quantitativo di uno stesso elemento) presenti(e) nei diversi composti è un rapporto tra numeri interi.

Conoscendo la formula molecolare di un composto è possibile calcolare la sua composizione percentuale ponderale.

E' possibile avere informazioni sulla formula di un composto conoscendo la sua composizione percentuale ponderale?



- 1) Si dividono i grammi di ogni elemento presenti in 100 g di composto (%A %B %C) per la rispettiva massa atomica calcolando in questo modo il numero di moli di ciascun elemento presenti in 100g di sostanza.

$$n_A = \frac{\% A \text{ (g)}}{PA_A \text{ (g/mol)}} \quad n_B = \frac{\% B \text{ (g)}}{PA_B \text{ (g/mol)}} \quad n_C = \frac{\% C \text{ (g)}}{PA_C \text{ (g/mol)}}$$

2) Si divide ciascuno dei numeri ottenuti che di solito non sono interi, per il più piccolo. In questo modo si ottengono le moli di atomi di ciascun elemento combinate con una mole di atomi dell'elemento che in termini molari è il meno abbondante. Questi numeri coincidono con i numeri di atomi di ciascun elemento combinati con un atomo dell'elemento meno abbondante.

Se:

$n_A < n_B < n_C$ numeri non interi

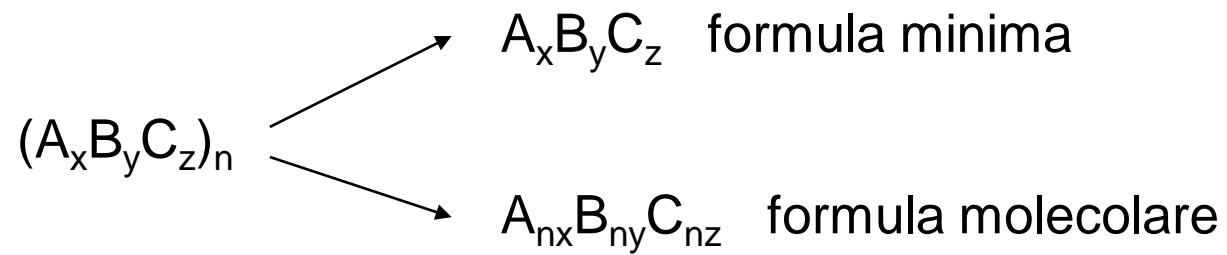
$$\frac{n_A}{n_A} ; \frac{n_B}{n_A} ; \frac{n_C}{n_A} \quad \longrightarrow \quad 1 ; \frac{n_B}{n_A} ; \frac{n_C}{n_A}$$

3) Se i valori ottenuti non sono ancora numeri interi, si moltiplicano tutti per uno stesso numero, scelto in modo da produrre una serie di numeri interi. Si ottiene così la sequenza dei più piccoli numeri interi x, y, z di atomi che danno l'esatta composizione atomica relativa del composto in accordo alla composizione ponderale percentuale.

Se:

$$\frac{n_B}{n_A}; \frac{n_C}{n_A} \quad \text{numeri non interi}$$

$$h \cdot \left(1; \frac{n_B}{n_A}; \frac{n_C}{n_A} \right) \longrightarrow \begin{array}{ccc} h; & \frac{h \cdot n_B}{n_A} & ; \frac{h \cdot n_C}{n_A} \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ x & y & z \\ \text{tutti numeri interi} \end{array}$$



$$n = \frac{\text{PM}_{\text{composto}} (A_{nx} B_{ny} C_{nz})}{\text{PM}_{\text{formula minima}} (A_x B_y C_z)}$$

Obiettivi minimi

- 1) Calcolare la composizione percentuale ponderale di un composto conoscendo la sua formula
- 2) Calcolare la formula di un composto dalla sua composizione percentuale ponderale

Domande di verifica a scelta multipla

Un composto ha formula chimica NO_2 , la percentuale in peso di azoto è:

- a) 30,45%
- b) 69,55%
- c) 60,90%
- d) 50,00%

Un composto costituito da potassio e ossigeno contiene l'83,02% in peso di potassio, la sua formula empirica é:

- a) KO
- b) K_2O
- c) KO_2
- d) KO_3

Domande di verifica a scelta multipla

Un composto ha formula chimica NO_2 , la percentuale in peso di azoto è:

- X a) 30,45%
- b) 69,55%
- c) 60,90%
- d) 50,00%

Un composto costituito da potassio e ossigeno contiene l'83,02% in peso di potassio, la sua formula empirica è:

- a) KO
- X b) K_2O
- c) KO_2
- d) KO_3

Esercizio di verifica (1)

Un composto contenente carbonio, idrogeno e azoto ha la seguente composizione percentuale ponderale: C 76,93%, H 5,12%, N 17,95%. Calcolare la formula minima del composto.

Svolgimento esercizio di verifica (1)

Un composto contenente carbonio, idrogeno e azoto ha la seguente composizione percentuale ponderale: C 76,93%, H 5,12%, N 17,95%. Calcolare la formula minima del composto.

Iniziamo a calcolare dai dati ponderali forniti dal problema, quante moli di atomi di carbonio, idrogeno e azoto risultano combinati tra loro in 100 (g) di sostanza in esame.

$$\text{mol atomi di carbonio in 100 (g) composto} = \frac{76,93 \text{ (g)}}{P_{A_C} \text{ (g/mol)}} = \frac{76,93 \text{ (g)}}{12,011 \text{ (g/mol)}} = 6,40 \text{ mol atomi C}$$

$$\text{mol atomi di idrogeno in 100 (g) composto} = \frac{5,12 \text{ (g)}}{P_{A_H} \text{ (g/mol)}} = \frac{5,12 \text{ (g)}}{1,00797 \text{ (g/mol)}} = 5,08 \text{ mol atomi H}$$

$$\text{mol atomi di azoto in 100 (g) composto} = \frac{17,95 \text{ (g)}}{P_{A_N} \text{ (g/mol)}} = \frac{17,95 \text{ (g)}}{14,0067 \text{ (g/mol)}} = 1,28 \text{ mol atomi N}$$

Continua.....

Continua

Svolgimento esercizio di verifica

Pertanto in 100 (g) della sostanza in esame sono contenuti:

6,40 · N_A atomi di carbonio

5,08 · N_A atomi di idrogeno (N_A = numero di Avogadro)

1,28 · N_A atomi di azoto

Quindi nella sostanza in esame il rapporto tra gli atomi degli elementi sarà:

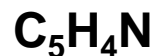
atomi di C/atomi di H/atomi di N = 6,40 : 5,08 : 1,28

Poiché è impossibile che nella più piccola quantità di sostanza gli atomi dei diversi elementi si combinino tra loro in numero non intero, il rapporto sopra scritto espresso nelle minime unità intere è verificato quando

atomi di C/atomi di H/atomi di N = 5 : 3,97 : 1

(questo risultato è stato ottenuto dividendo 6,40; 5,08; 1,28 per il più piccolo cioè 1,28 ottenendo in questo modo il numero di atomi di C e H combinati con un atomo dell'elemento meno abbondante, N)

Arrotondando 3,97 al più vicino numero intero, 4, otteniamo la seguente formula minima per il composto in esame:



Esercizio di verifica (2)

Un composto contenente carbonio e idrogeno ha la seguente composizione percentuale ponderale: C = 92,26%, H = 7,74%. Sapendo che il peso molecolare del composto è 78,11 (u.m.a.), determinare la formula minima e quella molecolare del composto.

Svolgimento esercizio di verifica (2)

$$\text{mol atomi di carbonio in 100 (g) composto} = \frac{92,26 \text{ (g)}}{P_{A_C} \text{ (g/mol)}} = \frac{92,26 \text{ (g)}}{12,011 \text{ (g/mol)}} = 7,68 \text{ mol atomi C}$$

$$\text{mol atomi di idrogeno in 100 (g) composto} = \frac{7,74 \text{ (g)}}{P_{A_H} \text{ (g/mol)}} = \frac{7,74 \text{ (g)}}{1,00797 \text{ (g/mol)}} = 7,68 \text{ mol atomi H}$$

$$\text{atomi di C/atomi di H} = 7,68 : 7,68 = 1 : 1$$

Formula minima = CH

Formula molecolare = C_nH_n

$$n = \frac{\text{Peso molecolare}}{\text{Peso Formula}} = \frac{78,11 \text{ (u.m.a.)}}{13,019 \text{ (u.m.a.)}} = 6$$

Formula molecolare = C₆H₆

Esercizio 1

Calcolare la composizione percentuale ponderale del nitrato di calcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$.

Esercizio 2

Un composto contenente carbonio, idrogeno e ossigeno ha la seguente composizione percentuale ponderale: C = 40,00%, H = 6,60%, O = 53,40%. Sapendo che il peso molecolare del composto è 60 (u.m.a.), determinare la formula minima e quella molecolare del composto.

Esercizi con soluzione

- 1) Calcolare il numero di moli di atomi di idrogeno contenuto in 300 g di acqua. [33,3 mol]
- 2) C'è più ossigeno in 100 g di KIO_3 o in 200 g di PbO_2 ? [in 200 g di PbO_2]
- 3) Quale è la percentuale in peso di bromo presente in CaBr_2 ? [39,97%]
- 4) Un composto presenta all'analisi i seguenti risultati: H = 3,08%, P = 31,6%, O = 65,32%. Determinare la sua formula empirica. [H_3PO_4]