

Determinazione della composizione centesimale di un composto

Esempio 1. Calcolare la composizione % degli elementi nel nitrobenzene ($C_6H_5NO_2$)

$$MM = 6 \times 12 + 5 \times 1 + 1 \times 14 + 2 \times 16 = 123.11$$

La composizione % dei vari elementi è:

$$\% C = (6 \times 12 / 123.11) \times 100 = (72 / 123.11) \times 100 = 58.48\%$$

$$\% H = (5 \times 1 / 123.11) \times 100 = (5 / 123.11) \times 100 = 4.06\%$$

$$\% N = (1 \times 14 / 123.11) \times 100 = (14 / 123.11) \times 100 = 11.37\%$$

$$\% O = (2 \times 16 / 123.11) \times 100 = (32 / 123.11) \times 100 = 25.99\%$$

Esempio 2

Calcolare la percentuale di rame contenuta nel minerale **CuFeS₂**, calcopirite

$$\text{Massa formula} = 63.5 + 56. + 2 \times 32 = 183.51$$

$$\% Cu = (\text{m.a. Cu} / \text{m.m composto}) \times 100 = (63.5 / 183.51) \times 100 = 34.6\%$$

Da una tonnellata (1000 kg) di minerale si ricavano 346 kg di rame.

Calcolo della formula minima di un composto dalla composizione %

Esempio 1

Un composto dà all'analisi 80.5% C, 4.0% H, 15.5% O.

In 100 g di composto (si divide la % per la massa atomica di ciascun componente) sono contenute:

$$80.5 / C = 80.5 / 12 = 6.71 \text{ moli di C}$$

$$4.0 / H = 4.0 / 1 = 4.0 \text{ moli di H}$$

$$15.5 / O = 15.5 / 16 = 0.969 \text{ moli di O}$$

Gli atomi si combinano secondo numeri interi e quindi dividendo ciascun numero di moli per il più piccolo:

$$6.71 \text{ moli} / 0.969 = 6.925$$

$$4.0 \text{ moli} / 0.969 = 4.128$$

$$0.969 \text{ moli} / 0.969 = 1.0 \text{ che arrotondati al valore intero più prossimo danno:}$$

C₇H₄O

Esempio 2

Un cloruro dà all'analisi 14.87% di fosforo. Calcolare la formula minima.

In 100 g di composto sono contenute:

$$14.87 / P = 14.87 / 31 = 0.48 \text{ moli}$$

$$85.13 / Cl = 85.13 / 35.5 = 2.39 \text{ moli}$$

dividendo ciascun numero di moli per il più piccolo:

$$0.48 \text{ moli} / 0.48 = 1.00$$

$$2.39 \text{ moli} / 0.48 = 4.98, \text{ arrotondando, la formula minima risulta } \mathbf{PCl_5}$$

Esempio 3

In 4.3045 g di $CaSO_4 \cdot xH_2O$ sono contenuti 5×10^{-2} moli di acqua di cristallizzazione. Calcolare le molecole d'acqua (x) nella formula

$$5 \times 10^{-2} \text{ moli} \times 18 \text{ g/moli} = 0.9 \text{ g di acqua} \quad (18 = \text{massa molecolare di } H_2O)$$

$$\% H_2O = 0.9 / 4.3045 \times 100 = 20.9 \%$$

$$\% CaSO_4 = 79.1 \%$$

$$\text{Moli di } CaSO_4 \text{ in } 100 \text{ g di sale} = 79.1 / 136.14 \text{ (MM } CaSO_4) = 0.581$$

$$\text{Moli di } H_2O \text{ in } 100 \text{ g di sale} = 20.9 / 18 \text{ (MM } H_2O) = 1.16$$

Poichè il rapporto $\text{CaSO}_4 : \text{H}_2\text{O}$ deve essere un rapporto di numeri interi piccoli, si dividono 0.581 e 1.16 per il più piccolo, ottenendo $\text{CaSO}_4 : \text{H}_2\text{O} = 1 : 2$ **x=2**

Esempio 4

Da 5.5936 g di $\text{CuSO}_4 \cdot x \text{H}_2\text{O}$ per riscaldamento si ottengono 3.5753 g di sale anidro. Calcolare le molecole d'acqua (x) nella formula.

Il sale contiene = $3.5753 / 5.5936 \times 100 = 63.9\%$ di sale anidro e
 = 36.1% di acqua di cristallizzazione

$63.9 / \text{CuSO}_4 = 63.9 / 159.5 = 0.40$
 $36.1 / \text{H}_2\text{O} = 36.1 / 18 = 2.0$

dividendo ciascun numero per il più piccolo si ottiene: **$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$**

Esempio 5

Un composto organico costituito da C, H e N ha dato all'analisi: C 53.72%, H 4.51%, il resto azoto. Il peso molecolare del composto è 134.2 uma.

Ricavare la formula minima e molecolare

$53.72 / \text{C} = 53.72 / 12 = 4.48$ moli di C
 $4.51 / \text{H} = 4.51 / 1 = 4.51$ moli di H
 $41.77 / \text{N} = 41.77 / 14 = 2.98$ moli di N

dividendo ciascun numero di moli per il più piccolo (2.98) si ottiene: 1.5, 1.5, 1.

Poichè i numeri devono essere interi si moltiplica ciascuno x 2

3.0, 3.0, 2 per una formula minima



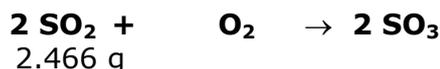
corrispondente a un peso molecolare di 67.07

Pertanto la formula del composto organico è **$\text{C}_6\text{H}_6\text{N}_4$**

Calcoli ponderali

Esempio 1

Calcolare quanto O_2 è necessario per ossidare 2.466 g di SO_2 in SO_3 e quanto SO_3 si ottiene



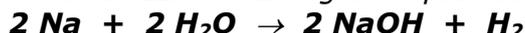
2.466 g di SO_2 corrispondono a $2.466 \text{ g} / 64 = 0.0385$ moli

2 moli	1 mole	2 moli	e quindi
0.0385 moli	0.01925 moli	0.0385 moli	

$0.01925 \times \text{O}_2 = 0.01925 \times 32 = 0.616$ g di O_2
 $0.0385 \times \text{SO}_3 = 0.0385 \times 80.0 = 3.08$ g di SO_3

Esempio 2

2.50 g di sodio (PA 23) sono solubilizzati in 100 g di acqua secondo la reazione.



Calcolare quanti grammi di NaOH e H_2 si formano:

100 g di acqua è una quantità in eccesso (ca. 5.55 moli)
 moli di sodio = $2.50 / \text{Na} = 2.50 / 23 = 0.109$ moli

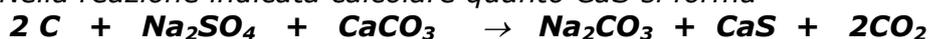
0.109 moli	0.109 moli NaOH + 0.054 moli di H_2
------------	--

g NaOH = $0.109 \text{ moli} \times 40 \text{ g/mol} = 4.36 \text{ g}$ **g H_2** = $0.054 \text{ moli} \times 2 = 0.109 \text{ g}$

Reagente limitante - resa di una reazione

Esempio 1

Nella reazione indicata calcolare quanto CaS si forma



$$\begin{array}{l} 0.96 \text{ g} / \text{C} \quad \quad \quad 0.96 \text{ g} \quad 4.27 \text{ g} \quad \quad 5.01 \text{ g} \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad = 0.96 \text{ g} / 12 = \quad \quad 0.08 \text{ moli} \\ 4.27 \text{ g} / \text{Na}_2\text{SO}_4 \quad \quad = 4.27 \text{ g} / 142 = \quad \quad 0.03 \text{ moli} \\ 5.01 \text{ g} / \text{CaCO}_3 \quad \quad = 5.01 \text{ g} / 100 = \quad \quad 0.05 \text{ moli} \end{array}$$

dalle quantità dei reagenti si otterrebbero 0.08, 0.03, 0.05 moli di CaS.

Na₂SO₄ (che fornisce la quantità minore) è il reagente limitante. Si ottengono
0.03 moli x MM(CaS) = 0.03 x 72.14 = **2.16 g**

Esempio 2

La seguente reazione decorre come indicato. Calcolare quanti g di Ag₂S si formano



$$23.75 \text{ g} \quad 3.50 \text{ g} \quad 2.00 \text{ g}$$

$$\begin{array}{l} 23.75 \text{ g} / \text{Ag} \quad \quad \quad = 23.75 \text{ g} / 108 = \quad 0.220 \text{ moli} \quad \quad \quad 0.110 \text{ moli} \\ 3.50 \text{ g} / \text{H}_2\text{S} \quad \quad \quad = 3.50 \text{ g} / 34.08 = \quad 0.103 \text{ moli} \quad \quad \quad \mathbf{0.103 \text{ moli}} \\ 2.00 \text{ g} / \text{O}_2 \quad \quad \quad = 2.00 \text{ g} / 32 = \quad 0.062 \text{ moli} \quad \quad \quad 0.124 \text{ moli} \end{array}$$

H₂S è il reagente limitante, 0.103 moli x Ag₂S = 0.103 x 247.80 g = 25.52 g

Resa reazione

In molte operazioni chimiche è inevitabile ottenere una quantità di prodotti inferiore a quella teorica.

$$\text{Resa (\%)} = \frac{\text{quantità ottenuta}}{\text{quantità teorica}} \times 100$$

La quantità ottenuta e teorica può essere espressa in **g** o in **moli**.

Esempio 3

Da 488.97 g TiCl₄ si ottengono 175 g di TiO₂. secondo la reazione indicata. Calcolare la resa della reazione.



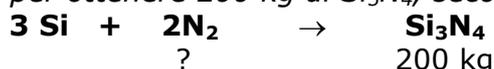
moli TiCl₄ = 488.97 g / TiCl₄ = 488.97 g / 189.69 = 2.578 moli che corrispondono alle moli teoriche di TiO₂

175 g corrispondono a 175 g / TiO₂ = 175 / 79.9 = 2.190 moli di TiO₂

$$R = \frac{2.190}{2.578} \times 100 = \mathbf{85\%}$$

Esempio 4

Quanto azoto è necessario per ottenere 200 kg di Si₃N₄, secondo la reazione se la resa è del 72%



$200 \text{ kg} = 200000 \text{ g} / 140.28 = 1425.71 \text{ moli}$
 Se la resa è del 72%,
 la quantità teorica = $1425.71 \text{ (moli ottenute)} / 0.72 \text{ (resa)} = 1980 \text{ moli}$.
 Quindi son necessari $1980 \times 2 = 3960 \text{ moli di } \text{N}_2$.
 $\text{g di } \text{N}_2 = 3968 \times 28 = \mathbf{110880 \text{ g} = 110.88 \text{ kg}}$

Esempio 5

Facendo reagire 7 g di Al e 9.32 g di NH_4ClO_4 si ottengono 1.56 g di Al_2O_3 .
 Qual'è la resa della reazione? Quanti i grammi che rimangono del reagente in eccesso?



$7 \text{ g/ Al} = 7 \text{ g} / 27 = 0.259 \text{ moli Al}$ che producono 0.086 mol teorici di Al_2O_3
 $9.32 \text{ g} / \text{NH}_4\text{ClO}_4 = 9.32 \text{ g} / 117.5 = 0.079 \text{ moli } \text{NH}_4\text{ClO}_4$ che producono **0.026 mol teorici di Al_2O_3**

NH_4ClO_4 è il reagente limitante la reazione !

0.026 moli di Al_2O_3 corrispondono a $0.026 \text{ moli} \times 101.96 = 2.65 \text{ g di } \text{Al}_2\text{O}_3$
resa = g ottenuti/ g sperimentali $\times 100 = (1.56 / 2.65) \times 100 = \mathbf{58.9\%}$
moli di Al rimasti = $0.259 - 0.079$ (che hanno reagito) = **0.180 moli**
g di Al rimasti = $0.180 \text{ moli} \times 27 = \mathbf{4.86 \text{ g}}$

Esercizio da svolgere

1) Il potassio metallico reagisce a contatto con l'acqua secondo lo schema di reazione:

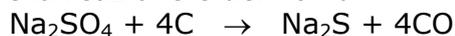


Calcolare quanto idrogeno si forma per reazione di 5.80 g di potassio con 10 g di acqua.

2) Nella seguente reazione $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$ quanti grammi di CaO sono necessari per produrre 7 g di idrossido di calcio se la resa è del 85% ?

3) Calcolare quanti grammi di idrossido di ferro(III) sono necessari per reagire completamente con 200.0 g di acido solforoso. Quanti grammi di sale si formano?

4) 50 kg di sodio solfato si riscaldano con carbone; calcolare i grammi di sodio solfuro ottenuti se la resa della reazione è del 40 %



Nomenclatura dei composti inorganici

Vengono riassunte di seguito alcune regole di nomenclatura di chimica inorganica come definite dalla **IUPAC** (International Union of Pure and Applied Chemistry).

Composti binari. Composti nella cui formula sono presenti due specie atomiche: quella più elettronegativa prende il nome dell'elemento con la desinenza -uro (ad eccezione dell'ossigeno che fa ossido, mai anidride), quello meno elettronegativo mantiene invariato il nome dell'elemento

NaCl	cloruro di sodio	CO ₂	diossido di carbonio
KH	idruro di potassio	OF ₂	difluoruro di ossigeno
CaH ₂	diidruro di calcio	CaO	ossido di calcio
SiC	carburo di silicio	SO ₂	diossido di zolfo
H ₂ S	solfo di idrogeno	SO ₃	triossido di zolfo

H₂O, NH₃, CH₄ sono rispettivamente acqua, ammoniaca, metano

Il numero di atomi o di gruppi per ciascuna delle specie presenti nella formula e' indicato con prefissi greci: di, tri, tetra, penta, esa, epta, ecc. posti dinanzi al nome dell'elemento a cui si riferiscono

N ₂ O ₃	triossido di diazoto	N ₂ O ₄	tetraossido di diazoto
P ₄ O ₁₀	decaossido di tetrafosforo	CrO ₃	triossido di cromo

La proporzione dei costituenti può essere indicata anche indirettamente dando il numero di ossidazione secondo la **notazione di Stock**

CoCl ₂	cloruro di cobalto(II)	As ₂ S ₃	solfo di arsenico(III)
PbO ₂	ossido di piombo(IV)	Cu ₂ S	solfo di rame(I)
FeCl ₂	cloruro di ferro(II)	FeCl ₃	cloruro di ferro(III)

I cationi monoatomici sono chiamati come l'elemento corrispondente:

Zn ²⁺	ione zinco(II)	K ⁺	ione potassio(I)	H ⁺	protone
Fe ³⁺	ione ferro(III)	Ni ²⁺	ione nichelio(II)		

I cationi ottenuti per addizione di un protone agli idruri prendono la desinenza **-onio**:

H ₃ O ⁺	ione ossonio (idrossonio)	NH ₄ ⁺	ione ammonio
PH ₄ ⁺	ione fosfonio (da fosfina PH ₃)		

Gli anioni monotomici prendono la desinenza in **-uro**

H ⁻	idruro	Cl ⁻	cloruro	I ⁻	ioduro
F ⁻	fluoruro	Br ⁻	bromuro	S ²⁻	solfo

Hanno la desinenza in **-uro** anche alcuni ioni poliatomici

S ₂ ²⁻	disolfo	CN ⁻	cianuro
I ₃ ⁻	triioduro	HS ₂ ⁻	idrogenodisolfo

Eccezioni: *ione ossido* O²⁻, *perossido* O₂²⁻ e *superossido* O₂⁻, *idrossido* OH⁻

Gli idracidi sono considerati composti binari con l'idrogeno

HF	fluoruro di idrogeno	HBr	bromuro di idrogeno	H ₂ S	solfo di idrogeno
HCl	cloruro di idrogeno	HI	ioduro di idrogeno	HCN	cianuro di idrogeno

Mantenendo la nomenclatura **acido -idrico** solo nel caso che la specie sia in soluzione acquosa.

Sebbene i termini solfato, fosfato, ecc. fossero in origine i nomi degli anioni di particolari ossoacidi, questi nomi indicano, secondo la IUPAC, un complesso anionico contenente rispettivamente zolfo, fosforo ecc. come atomo centrale, indipendentemente dal suo numero di ossidazione. Per indicare il numero di gruppi completi di atomi si usano i prefissi moltiplicativi bis, tris, tetra ecc.

Na_2SO_4	tetraossosolfato di disodio	Na_3PO_4	tetraossofosfato di trisodio
MgCO_3	triossocarbonato di magnesio	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	bis(tetraossofosfato) di tricalcio
$\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_3$	triossotiosolfato di dipotassio	NaPF_6	esafluorofosfato di sodio

La nomenclatura descritta è quella utilizzata dalle regole redatte dalla IUPAC. Tuttavia il linguaggio dei chimici non utilizza sempre le regole internazionali e adotta una nomenclatura che ha lo scopo di conservare i più utili tra i vecchi nomi.

Nomi d'uso

Gli **ossoacidi** prendono la desinenza in **-ico**, gli anioni poliatomici corrispondenti in **-ato**.

HNO_3	acido nitrico	NO_3^-	nitrato
H_2SO_4	acido solforico	SO_4^{2-}	solfoato
$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$	acido tiosolforico	$\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	tiosolfoato
H_2CO_3	acido carbonico	CO_3^{2-}	carbonato
HClO_3	acido clorico	ClO_3^-	clorato
H_2CrO_4	acido cromatico	CrO_4^{2-}	cromato
$\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	acido dicromatico	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	dicromato
H_3PO_4	acido (orto)fosforico	PO_4^{3-}	(orto)fosfato
H_3PO_3	acido fosfonico	HPO_3^{2-}	fosfonato
H_3PO_2	acido fosfinico	H_2PO_2^-	fosfinato
H_3AsO_4	acido arsenico	AsO_4^{3-}	arseniato

Il prefisso **orto** e' talvolta usato anche per

H_3BO_3	acido (orto)borico
-------------------------	--------------------

Alcuni acidi in cui l'atomo centrale presenta uno stato di ossidazione inferiore prendono la desinenza in **-oso**, gli anioni corrispondenti in **-ito**.

HNO_2	acido nitroso	NO_2^-	nitrito
H_2SO_3	acido solforoso	SO_3^{2-}	solfito
HClO_2	acido cloroso	ClO_2^-	clorito

Il prefisso **ipo**, con la terminazione in **-oso** viene usata nei seguenti casi:

HClO	acido ipocloroso	ClO^-	ipoclorito
HBrO	acido ipobromoso	BrO^-	ipobromito
HIO	acido ipoiodoso	IO^-	ipoioidito

Il prefisso **per**, con la terminazione in **-ico** viene usata in pochi casi come:

HClO_4	acido perclorico	ClO_4^-	perclorato
HBrO_4	acido perbromico	BrO_4^-	perbromato
HIO_4	acido periodico	IO_4^-	periodato
HMnO_4	acido permanganico	MnO_4^-	permanganato

I **sali** vengono indicati col nome dell'anione seguito dalla preposizione "di" e dal nome del catione:

CaF_2	fluoruro di calcio	$\text{Co}(\text{NO}_3)_2$	nitrate di cobalto(II)
Na_2SO_3	solfito di sodio	NaClO	ipoclorito di sodio
KClO_4	perclorato di potassio	$\text{Mg}(\text{NO}_2)_2$	nitrito di magnesio
Li_3PO_4	fosfato di litio	KMnO_4	permanganato di potassio
KNaCO_3	carbonato di potassio e sodio	$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$	carbonato di ammonio

I **sali acidi** si denominano indicando il numero di atomi di idrogeno come prefisso al nome dell'anione:

NaHCO_3	idrogenocarbonato di sodio (comunemente <i>bicarbonato di sodio</i>)
KHSO_4	idrogenosolfato di potassio
Li_2HPO_4	idrogenofosfato di litio
	KH_2PO_4 diidrogenofosfato di potassio