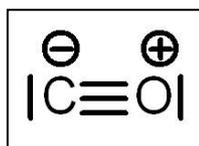


## 5. Nomenclatura e formule chimiche

### Il numero di ossidazione e la carica formale

Il numero di ossidazione ( $n^{\circ} \text{ox}$ ) si ricava assegnando all'atomo più elettronegativo gli elettroni di legame; a differenza della **carica formale** (cf) che si ricava dividendo equamente gli elettroni di legame e confrontandoli col numero di elettroni iniziale.



$$cf_C = 4 \text{ (e- iniziali)} - 5 \text{ (e- attuali)} = -1$$

$$cf_O = 6 - 5 = 1$$

$$n^{\circ} \text{ox}_C = 4 \text{ (e- iniziali)} - 2 \text{ (e- rimasti)} = +2$$

$$n^{\circ} \text{ox}_O = 6 - 8 = -2$$

$$\text{Numero di ossidazione} = e^- \text{ iniziali} - e^- \text{ finali}$$

Ci sono però delle regole da seguire per non passare ogni volta dalla formula di struttura:

1. Nelle sostanze elementari  $n^{\circ} \text{ox}$  è sempre uguale a 0;
2. L'ossigeno ha sempre  $n^{\circ} \text{ox} = -2$ , tranne nei perossidi (-1) e  $\text{OF}_2$  (+2);
3. L'idrogeno ha sempre  $n^{\circ} \text{ox}$  pari a +1, tranne nel caso degli idruri dove ha  $n^{\circ} \text{ox} -1$ ;
4. Per gli ioni monoatomici il  $n^{\circ} \text{ox}$  coincide con la carica;
5. La somma dei  $n^{\circ} \text{ox}$  di tutti gli atomi di una molecola deve uguagliare la carica elettrica del composto;
6. Il  $n^{\circ} \text{ox}$  non può superare il numero di elettroni di valenza ( $n^{\circ} \text{ox}_{\text{max}}$ : C=+4, N=+5, S=+6, Cl=+7).  
Il  $n^{\circ} \text{ox}$  minimo è il complementare degli elettroni di valenza ad 8 e cambiato di segno ( $n^{\circ} \text{ox}_{\text{min}}$ : N=-(8-5)=-3, Cl=-(8-7)=-1).

### La nomenclatura

Ad ogni formula chimica che viene scritta può essere dato un nome tradizionale e o IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry). **[Triclorometano = cloroformio]** Per la nomenclatura tradizionale possiamo distinguere diversi classi di composti: idruri (metallici e non metallici), idracidi, ossidi, anidridi, idrossidi, acidi e sali biatomici o poliatomici. Possiamo ricordare i vari nomi dalle "reazioni" riportate in tabella.

+	Metalli	Non Metalli
<b>H</b>	Idruri	Idracidi
<b>O</b>	Ossidi	Anidridi
	↓+H <sub>2</sub> O	↓+H <sub>2</sub> O
	Idrossidi	Acidi

Nella nomenclatura IUPAC invece si considerano il numero e il tipo di elementi.

Per quanto riguarda i composti binari la formula molecolare si scrive seguendo un ordine:



Il nome viene assegnato indicando numericamente tutti gli atomi che fanno parte del composto.

Per esempio: non-metalluro di metallo

CS <sub>2</sub>	disolfuro di carbonio	NF <sub>3</sub>	trifloruro di azoto
BN	nitruro di boro	HI	ioduro di idrogeno
CO	ossido di carbonio	CO <sub>2</sub>	diossido di carbonio
N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	pentossido di diazoto	Cl <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	eptossido di dicloro

Per composti con tre atomi e con una **struttura lineare**, la formula rispecchia la sequenza di legame: ione cianato. (**NCO<sup>-</sup> = OCN<sup>-</sup>**) ≠ (CNO<sup>-</sup> = ONC<sup>-</sup>) tra queste 4 possibili formule di struttura quella che rispecchia l'ordine di legame è la prima, con l'atomo di carbonio al centro. Se una molecola **non avesse una struttura lineare**, bisogna scrivere per primo l'atomo centrale e successivamente gli atomi periferici, sempre rispettando la sequenza. Per esempio: PCl<sub>3</sub>O, POF<sub>3</sub>.

Se nella formula è presente un metallo o un non metallo e l'idrogeno, abbiamo rispettivamente un idruro metallico e un idruro non metallico. Se il non metallo è un alogeno si avrà un idracido. Nel caso degli **idruri** il nome sarà del tipo: *idruro di metallo*. Per esempio:

NaH	→ idruro di sodio	sodio idrogeno
MgH <sub>2</sub>	→ idruro di magnesio	magnesio <b>di</b> idrogeno
AlH <sub>3</sub>	→ idruro di alluminio	alluminio <b>tri</b> idrogeno
HF	→ acido fluoridrico	idrogeno fluoruro
HCl	→ acido cloridrico	idrogeno cloruro
H <sub>2</sub> S	→ acido solfidrico	diidrogeno solfuro
NH <sub>3</sub>	→ ammoniaca	
CH <sub>4</sub>	→ metano	

Se nella formula è presente un metallo e l'ossigeno avremo gli ossidi. Nel caso in cui il metallo preveda più numeri di ossidazione la nomenclatura tradizionale prevede l'assegnazione di desinenze ed eventualmente dei prefissi. La IUPAC prevede di indicare la carica del metallo in numero romano dopo il nome.

Na <sub>2</sub> O	→ ossido di sodio	ossido di disodio
K <sub>2</sub> O	→ ossido di potassio	ossido di dipotassio
MgO	→ ossido di magnesio	ossido di magnesio
CaO	→ ossido di calcio	ossido di calcio
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	→ ossido di alluminio	triossido di dialluminio
Cu <sub>2</sub> O	→ ossido rameoso (Cu <sup>+</sup> )	ossido di rame (I)
CuO	→ ossido rameico (Cu <sup>2+</sup> )	ossido di rame (II)

Se agli ossidi aggiungiamo acqua otteniamo degli idrossidi: M<sup>n+</sup>(OH)<sub>n</sub>.

NaOH	→ idrossido di sodio	sodio idrossido
KOH	→ idrossido di potassio	potassio idrossido
Ca(OH) <sub>2</sub>	→ idrossido di calcio	calcio diidrossido
Fe(OH) <sub>2</sub>	→ idrossido ferroso	ferro diidrossido
Fe(OH) <sub>3</sub>	→ idrossido ferrico	ferro triidrossido

Consideriamo ora le anidridi e gli acidi, ottenuti sommando acqua alle anidridi.

Per ricavare **le anidridi** si deve considerare il n° ox più alto per un elemento e scendere di 2 a 2, questo perché “la chimica è fatta di coppie di elettroni”. Se all’anidride aggiungessimo acqua (nel caso si divide per 2 in modo che gli indici stechiometrici siano primi tra loro) si formerebbe **l’acido**. L’acidità cresce man mano che cresce il n° ox. Per convenzione la formula di un acido viene sempre scritta ponendo come primo elemento l’idrogeno.

In base al numero di n° ox che un elemento possiede il nome può essere preceduto e o successo da delle desinenze; per atomi con 4 n° ox: ipo-nome-oso, nome-oso, nome-ico, per-nome-ico.

Elemento	n°ox	Anidride	Nome	Acido (+H <sub>2</sub> O)	Nome
C	+4	CO <sub>2</sub>	Anidride carbonica	H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Acido carbonico
	+2	CO	Ossido di carbonio	/	/
N	+5	N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Anidride nitrica	HNO <sub>3</sub>	Acido nitrico
	+3	N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Anidride nitrosa	HNO <sub>2</sub>	Acido nitroso
	+1	NO	Ossido di diazoto	/	/
S	+6	SO <sub>3</sub>	Anidride solforica	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Acido solforico
	+4	SO <sub>2</sub>	Anidride solforosa	H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	Acido solforoso
Cl	+7	Cl <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	Anidride <b>perclorica</b>	HClO <sub>4</sub>	Acido <b>perclorico</b>
	+5	Cl <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Anidride clorica	HClO <sub>3</sub>	Acido clorico
	+3	Cl <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Anidride clorosa	HClO <sub>2</sub>	Acido cloroso
	+1	Cl <sub>2</sub> O	Anidride <b>ipoclorosa</b>	HClO	Acido <b>ipocloroso</b>

Se all’acido togliessimo idrogeni uno per volta, otterremmo degli ioni:

acido-ico → ione-ato, nome-oso → ione-ito

acido	ione (-H)	nome	ione (-2H)	nome
H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Idrogeno carbonato o bicarbonato	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	ione carbonato
HNO <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	ione nitrato	/	/
HNO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	ione nitrito	/	/
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	HSO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Idrogeno solfato bisolfato	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	ione solfato
H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	HSO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Idrogeno solfito Bisolfito	SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	solfito
HClO <sub>4</sub>	ClO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	ione perclorico	/	/
HClO <sub>3</sub>	ClO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	ione clorico	/	/
HClO <sub>2</sub>	ClO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	ione cloroso	/	/
HClO	ClO <sup>-</sup>	ione ipocloroso	/	/

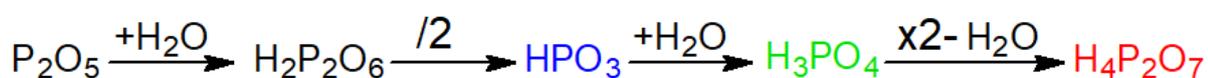
Vi sono però alcune particolarità riguardanti alcuni elementi:  $P^{+5}$ ,  $As^{+5}$ ,  $Sb^{+5}$ ,  $Si^{+4}$ ,  $B^{+3}$ . Consideriamo il fosforo che origina l'*anidride fosforica* ( $P_2O_5$ ) e l'*anidride fosforosa* ( $P_2O_3$ ) che danno luogo a diversi acidi:

anidride	+H <sub>2</sub> O	Nome	+2H <sub>2</sub> O	Nome	+3H <sub>2</sub> O	Nome
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	HPO <sub>3</sub>	Acido <b>meta</b> fosforico	H <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	Acido <b>piro</b> fosforico	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	Acido <b>orto</b> fosforico
P <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	HPO <sub>2</sub>	Acido <b>meta</b> fosforoso	H <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Acido <b>piro</b> fosforoso	H <sub>3</sub> PO <sub>3</sub>	Acido <b>orto</b> fosforoso

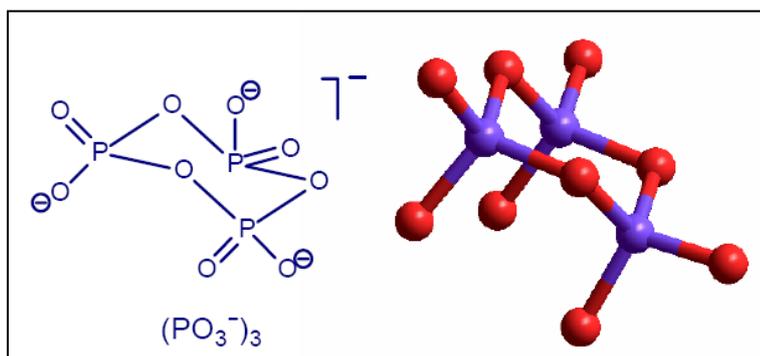
Questo vale solo per specie che hanno numero di ossidazione dispari, quindi il silicio fa eccezione a questa nomenclatura, i nomi di piro e orto si invertono:

anidride	+H <sub>2</sub> O	Nome	+2H <sub>2</sub> O	Nome	2SiO <sub>2</sub> +H <sub>2</sub> O	Nome
SiO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	Acido <b>meta</b> fosforico	H <sub>4</sub> SiO <sub>4</sub>	Acido <b>orto</b> fosforico	H <sub>6</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	Acido <b>piro</b> fosforico

C'è un altro metodo che funziona *per ogni specie*. Prendiamo in considerazione  $P^{+5}$ :



Abbiamo rispettivamente l'*acido meta*fosforico, l'*acido orto*fosforico e l'*acido piro*fosforico.



Lo ione *metafosfato* ha formula bruta  $PO_3^-$ , essa è in realtà la formula minima. La formula bruta sarà  $(PO_3)_3^{3-}$  (in figura). Per tanto tale composto è un polimero (trimero).

Come il fosforo, anche il silicio è troppo grande per poter dare una sovrapposizione  $p\pi - p\pi$  con l'ossigeno.  $SiO_3^{2-}$  è la formula minima dello ione meta silicato, la formula bruta sarà data da  $(SiO_3)_n^{2n-}$  con  $n=3, 4, 5...$  la struttura sarà ciclica come il metafosfato.

### Problema 5.1

Scrivere la formula dei seguenti Sali: piroarseniato di calcio, metaborato di magnesio, acido solforoso, idrogenoseleniato di calcio, ortosilicato di alluminio, perossido di magnesio, perclorato di ammonio, piroasilicato di ammonio, metafosfato di calcio, acido cloroso, idrogenosolfito di magnesio, ortoantimoniato di alluminio, nitrato di gallio, ipobromito di sodio, ortoarseniato di calcio, ipoclorito di magnesio, acido metasilicico, idrogenoselenito di alluminio, ortofosfato di bario, azoturo di sodio, periodato di calcio, piroborato di calcio, metaborato di magnesio, acido cloroso, idrogeno-ortofosfato di calcio, ortosilicato di bario, acido periodico, metasilicato di calcio.

## Le formule chimiche

Per una molecola possiamo distinguere (prendiamo in esame una molecola di acqua ossigenata):

- La **formula bruta**: indica il numero ed il tipo di atomi presenti nella molecola. Può essere minima o molecolare.
- La **formula minima**: essa esprime il rapporto minimo tra gli elementi presenti nella molecola (HO).
- La **formula molecolare**: essa esplicita il numero degli atomi presenti nella molecola attraverso un pedice posto a destra dell'elemento (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>).
- La **formula di struttura**: ci informa sulla connettività, ci dice quali atomi sono legati tra di loro, e sulla disposizione spaziale, come si posizionano gli atomi nello spazio.

**L'unità di misura della quantità di sostanza è la mole. Per definizione una mole di una sostanza pesa, in grammi, la stessa quantità del peso atomico, molecolare o peso formula.**

Conoscendo la formula di un composto è possibile calcolare il % in peso di ciascun elemento (o molecola che fa parte del composto).

Si calcola il PM o PF (che è uguale al peso in g di una mole di composto), si calcola il contributo in peso in una mole di composto di ciascun elemento (PA × suo coefficiente nella formula) e moltiplicando per cento il rapporto del peso ottenuto con PM (o PF) si ricava la %.

### Problema 5.2 (risolto)

Consideriamo il composto A<sub>2</sub>BC<sub>3</sub>.

PA (A) = 25.00g/mol	PM = 2xPA(A) + PA(B) + 3xPA(C) =	$\%A = \frac{2 \times PA(A)}{PM} \times 100 =$
PA (B) = 80.00g/mol	235g/mol	21.28
PA (C) = 35.00g/mol		%B = 34.04
		%C = 44.68

### Problema 5.3 A

Calcolare la % in peso dei singoli elementi nel composto Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>·10H<sub>2</sub>O, e la percentuale in peso di acqua.

(ris: 16.069%Na; 4.1976%C; 72.689%O; 7.0444%H; 62.962% H<sub>2</sub>O)

### Problema 5.4 A

Sapendo che la formula dell'ortosilicato di magnesio è Mg<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>, calcolare la % in peso degli elementi contenuti, nonché la % della silice (SiO<sub>2</sub>) e dell'ossido di magnesio. Il PF dell'ortosilicato di Mg è 140.70.

(ris: 42.7% SiO<sub>2</sub>; 57.3% MgO)

### Problema 5.5 A

In una sostanza è contenuta dell'anidride arsenica, As<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, ed è il 28% in peso. Qual è la percentuale in peso di As nella sostanza?

(ris: 18.3%As)

**Problema 5.6**

Calcolare la % di S in un campione che contiene il 75.00% di FeS<sub>2</sub> (pirite) e il 25.00% di CuFeS<sub>2</sub> (calcopirite).

(ris: 48.82% S).

**Problema 5.7**

Una miscela è costituita dal 30.00% di MnCl<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O e dal 70.00% di MgCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O. Qual è la % di acqua e la % di Cl nella miscela?

(ris: 48.14% H<sub>2</sub>O; 35.16% Cl)

**Problema 5.8**

Calcolare la % di S e di Br in un composto, sapendo che: a) da 0.3361g di composto si ottengono 0.4437g di BaSO<sub>4</sub> e b) da 0.2903g si ottengono 0.3092g di AgBr.

(ris: 18.13% S; 45.33% Br)

**Problema 5.9**

Una lega contiene 3.200 moli di Fe ogni 0.533 moli di Cr. Calcolare la composizione % in peso della lega.

(ris: 86.6% Fe; 13.4% Cr)

**Calcolare le formule minime reali**

**Problema 5.10 (risolto)**

Una molecola ha formula A<sub>x</sub>B<sub>y</sub>C<sub>z</sub>. Dall'analisi di spettroscopia di massa si è determinato la seguente abbondanza nel composto: 30% di A, 30% di B e 40% di C. Qual è la formula minima e molecolare del composto?

Si sa che MM<sub>A</sub>=15g/mol, MM<sub>B</sub>=20g/mol, MM<sub>C</sub>=10g/mol e la MM del composto è 1000g/mol.

Composto	In 100g	Moli	Divisione per il minore	Fattore di moltiplicazione	Valori di x, y e z.
A	30	2	1.33	x3	4
B	30	1.5	1	x3	3
C	40	4	2.67	x3	8

Il composto ha formula minima A<sub>4</sub>B<sub>3</sub>C<sub>8</sub>. La sua MM è 200g/mol.

1000g/mol : 200g/mol = 5. La formula minima è 5 volte più piccola del composto reale. La formula molecolare sarà quindi: A<sub>20</sub>B<sub>15</sub>C<sub>40</sub>. (ottenuta moltiplicando ogni indice stechiometrico per 5)

- 1) Ricavare il peso di ciascun elemento per 100g di composto
- 2) Ricavare le moli di ciascun elemento
- 3) Dividere le moli per il valore più piccolo
- 4) Moltiplicare, eventualmente, per un fattore correttivo in modo da ottenere tutte cifre intere  
Questi numeri corrispondono ai coefficienti stechiometrici degli elementi
- 5) Calcolare la MM (o PM) della formula minima
- 6) Dividere la MM del composto per quella della formula minima
- 7) Moltiplicare quindi ogni coefficiente per il valore trovato dalla divisione precedente

**Problema 5.11 A**

Un composto contenente solo Na, S e O ha dato all'analisi i seguenti risultati: Na 32.37%, S 22.57%, O 45.06%. Trovarne la formula minima.

(ris:  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ )

**Problema 5.12 A**

Un composto all'analisi risulta contenere K 26.33%, Cr 35.80% e O 37.87 %. Calcolare la sua formula minima.

(ris:  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ )

**Problema 5.13 A**

Calcolare la formula minima di un composto contenente C, H, N, Cl, O dai seguenti dati: 0.2813g danno per combustione 0.5586g di  $\text{CO}_2$  e 0.0977g di  $\text{H}_2\text{O}$ ; 0.500g danno 0.4613g di  $\text{AgCl}$ ; l'azoto è in quantità nota, 9.00%.

(ris: 54.18% C; 3.89% H; 22.8% Cl; 9.00% N; 10.1% O;  $\text{C}_7\text{H}_6\text{NOCl}$ ).

**Problema 5.14**

1.53g di una sostanza organica, produce per combustione 5.18g di  $\text{CO}_2$  e 1.06g di  $\text{H}_2\text{O}$ . Calcolare la % di C e H nel composto e la formula molecolare, sapendo che la sostanza ha  $\text{PM} = 78.114$ .

(ris:  $\text{C}_6\text{H}_6$ )

**Problema 5.15**

Un composto organico ha dato all'analisi le seguenti percentuali: C 54.5%, H 9.2% e O 36.3%. Determinarne la formula molecolare, sapendo anche che il suo  $\text{PM}$  è 88.06.

(ris:  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ )

**Problema 5.16**

Determinare la formula del composto  $\text{NaBrO}_x$ , sapendo che da 4.047g di tale composto si ottengono 0.930g di  $\text{Na}_2\text{O}$ .

(ris:  $\text{NaBrO}_2$ )

**Problema 5.17 A**

Un fertilizzante contiene il 19.2% in peso di azoto. Calcolare la % di  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  nel fertilizzante.

(90.6%)

**Problema 5.18**

Un minerale contiene 39.5% di  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 13.5% di  $\text{H}_2\text{O}$ ; il resto è  $\text{SiO}_2$ . Calcolare la percentuale di Al e  $\text{Al}_2\text{O}_3$  nel minerale anidro.

(Al 24.2%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  45.7%)

**Problema 5.19**

Un campione impuro di pirite ( $\text{FeS}_2$ ) contiene il 22.5% in peso di ferro. Calcolare la % in peso di pirite nel minerale.

(48.4%)

**Problema 5.20**

Un acido organico contiene 19.0 %C; 4.80 %H; 76.20%O. La % di acqua di cristallizzazione è 28.6%. Trovare la formula molecolare, sapendo che il peso molecolare dell'acido è 126.07.

( $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ )

**Problema 5.21**

4) Il composto  $\text{FeSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  contiene il 41.6% in peso di acqua di cristallizzazione. Trovare il numero di molecole d'acqua nella formula del sale.

(6)