

6. COMPOSTI CHIMICI

D. Gli elementi chimici sono un centinaio; in maggioranza, le sostanze naturali e artificiali sono **composti chimici**, sistemi costituiti dall'unione di due o più atomi di *elementi diversi*.

R. Il 12 giugno 1996 un quotidiano titolava: «Scoperte molecole di aceto in un asteroide». L'aceto è dunque un composto chimico?

D. No. E' una soluzione acquosa di vari composti chimici, tra cui l'acido acetico.

Il numero dei composti chimici è sterminato; vi sono composti *binari, ternari, quaternari, quinari,...* cioè costituiti rispettivamente da due, tre, quattro, cinque,... elementi diversi.

Soltanto i composti del carbonio con pochi altri elementi (particolarmente idrogeno, ossigeno e azoto) sono *milioni* e di essi si occupa una branca della chimica, la *chimica organica*.

I composti chimici possono classificare in *organici* (composti del carbonio) e *inorganici* (composti di tutti gli altri elementi, in cui sono però compresi gli ossidi del carbonio e i carbonati).

6.1. Leggi di Proust e di Dalton

D. *Ogni composto possiede una composizione definita e costante, indipendentemente dal modo in cui viene ottenuto. E' questa la legge delle proporzioni definite, dovuta al chimico francese Joseph Louis Proust (1754-1826).*

Esempio 1. Analizzando il ghiaccio, l'acqua meteorica, l'acqua ottenuta per combustione dell'idrogeno, l'acqua che si forma in una reazione chimica qualsiasi, si trovano sempre gli stessi risultati: 11,11 % di idrogeno e 88,9 % di ossigeno.

Esempio 2. Un composto tra rame e ossigeno, l'ossido di rame, può essere ottenuto per combustione del rame in ossigeno e per riscaldamento di alcuni composti del rame, quali idrossido, carbonato, nitrato di rame. In tutti i casi le percentuali di rame e di ossigeno nel composto sono definite e costanti.

Quando due elementi formano più di un composto, le masse di un elemento che si uniscono con una medesima massa dell'altro, sono espresse con numeri interi. Questa è la legge delle proporzioni multiple, dovuta al chimico inglese John Dalton (1766-1844).

R. Questo nome mi ricorda qualcosa ...

D. Dalton descrisse l'anomalia visiva (incapacità di distinguere certi colori) di cui era affetto e che fu poi chiamata daltonismo.

Esempio. Il carbonio forma due composti con l'ossigeno, il monossido di carbonio (contenente il 42,9 % di carbonio e il 57,1 % di ossigeno) e il diossido di carbonio (contenente il 27,3 % di carbonio e il 72,7 % di ossigeno). Di conseguenza, per una massa unitaria di carbonio, nell'ossido di carbonio vi sono $57,1/42,9 = 1,33$ parti in massa di ossigeno e nel diossido di carbonio vi sono $72,7/27,3 = 2,66$ parti in massa di ossigeno. Il rapporto $2,66/1,33 = 2$ è un numero intero.

Ogni composto si rappresenta con una *formula chimica*, in cui il numero di atomi che la compongono è indicato in pedice ai simboli degli elementi. Così ad esempio, H_2O è la formula dell'acqua, un composto binario costituito da 2 atomi di idrogeno uniti ad 1 atomo di ossigeno; $C_{12}H_{22}O_{11}$ è la formula di saccarosio, il comune zucchero di barbabietola o di canna, un composto ternario costituito da 12 atomi di carbonio, 22 atomi di idrogeno e 11 atomi di ossigeno; $CaHPO_4$ è la formula del calcio idrogenofosfato, un composto quaternario costituito da 1 atomo di calcio, 1 atomo di idrogeno, 1 atomo di fosforo e 4 atomi di ossigeno.

Le leggi di Proust e Dalton, formulate partendo dai dati sperimentali prima che si conoscesse la struttura atomica della materia, oggi risultano ovvie: nell'ossido di carbonio (formula CO), ad ogni atomo di carbonio è legato un atomo di ossigeno mentre nel diossido di carbonio (formula CO_2) ad ogni atomo di carbonio sono legati due atomi di ossigeno.

R. Ho letto da qualche parte che le leggi di Proust e di Dalton non sono valide per tutti i composti chimici. Conferma?

D. Sì. Esistono alcuni ossidi e solfuri metallici, detti *berthollidi* (dal chimico francese Claude Louis Berthollet, 1748-1822, che non credeva nella legge di Proust) e anche *non daltonidi*, non aventi composizione costante ma variabile entro un intervallo ristretto. Così ad esempio, l'ossido di titanio, rappresentato usualmente con la formula TiO , è un berthollide e la sua composizione oscilla tra $\text{Ti}_{0,75}\text{O}$ e $\text{TiO}_{0,69}$; il rame(I) solfuro è un berthollide la cui composizione oscilla tra $\text{Cu}_{1,7}\text{S}$ e Cu_2S . Quando non si conosce la composizione di un berthollide, si scrive la formula preceduta dal segno «circa», come ad esempio $\sim\text{MoC}_2$.

R. A piccole differenze tra le formule di due composti corrispondono altrettante piccole differenze tra le loro proprietà?

D. No. Così ad esempio, l'ossido di cromo(III), Cr_2O_3 , è una polvere verde, abrasiva, insolubile in acqua e inattaccabile dagli acidi; l'ossido di cromo(VI), CrO_3 , diverso dal primo contenendo un atomo di cromo in meno, è invece una sostanza cristallina rossa molto solubile in acqua.

R. Sono grandi o piccole le differenze tra un elemento ed un suo composto?

D. Grandissime. Pensi all'acqua: alla temperatura ambiente è liquida ma i due elementi che la compongono, l'idrogeno e l'ossigeno, alla temperatura ambiente sono gassosi. Pensi al comune sale con cui usiamo condire i cibi: è un solido cristallino ma i due elementi che lo compongono sono il sodio (un metallo che non si trova in una ferramenta e che reagisce violentemente con l'acqua) ed il cloro, gas giallo verdastro, tossico.

R. Come si denominano i composti chimici?

D. L'argomento è complesso. Il chimico si trova ogni giorno a combattere con decine di sostanze e formulazioni, sommerso in un mare di libri, riviste, opuscoli, cataloghi, siti Internet, in cui una sostanza è indicata con due o più nomi. Un caso limite è quello del composto N_2O il quale era, ed è ancora, chiamato protossido di azoto, ossido nitroso, ossidulo di azoto, anidride iponitrosa, monossido di azoto, gas esilarante. Per mettere ordine

in questa giungla di nomi, la IUPAC (*International union of pure and applied chemistry*) tenta, fin dal 1921, con la istituzione della Commissione per la nomenclatura chimica, di stabilire norme, ancor oggi a molti sconosciute o, se note, non applicate soltanto per inerzia o per pigrizia.

Alcune classi di composti sono caratterizzate da un particolare suffisso. Così ad esempio, il sodio cloruro è un composto binario tra sodio e cloro; il calcio solfato (gesso) è un sale; etano, etene, etino sono idrocarburi; etanolo, propanolo, butanolo sono alcoli; metanale, etanale, propanale sono aldeidi; il butanone non è un donnone di malaffare ma un chetone; la morfina, la piridina, la chinolina sono ammine; la magnesite, la calcite, la senarmonite sono minerali.

R. Quindi, il benzolo è un alcole, la naftalina e la glicerina sono ammine, la mannite un minerale... .

D. No. I termini che ha citato, per evitare confusioni, sono stati sostituiti, dalla IUPAC, con *benzene* e *naftalene* (essendo idrocarburi) e con *glicerolo* e *mannitolo* (essendo alcoli).

R. Quali sostanze designavano anticamente i fantasiosi nomi di fegato di antimonio, luna cornea, ossido pulce, pietra infernale, sale microcosmico, spirito di Venere?

D. Rispettivamente ossisolfuro di antimonio (rosso-bruno), argento cloruro fuso e solidificato (bianco dall'aspetto corneo), diossido di piombo (bruno), argento nitrato (caustico), ammonio e sodio idrogenofosfato (microcristallino), acido acetico (allusione maschilistica al carattere di certe donne?).

La nomenclatura sistematica delle sostanze chimiche iniziò a diffondersi soltanto alla fine del XVIII secolo; prima di allora venivano usati nomi di fantasia, come quelli qui riportati.

Tab. 6/1. Alcuni antichi nomi di sostanze chimiche.

<i>acido azotico</i>	<i>acido nitrico</i>
- <i>carbolic</i>	<i>fenolo</i>
- <i>di Caro</i>	<i>acido monoperossosolforico</i>
- <i>fenico</i>	<i>fenolo</i>

- idroclorico	acido cloridrico
- muriatico	acido cloridrico
- di Nordhausen	soluzione di triossido di zolfo in acido solforico
- ossimuriatico	cloro
- prussico	acido cianidrico
- solforico fumante	soluzione di triossido di zolfo in acido solforico
- di Weber	acido nitrosilsolforico
aldeide cocco	nonanalattone
- pesca	undecalattone
allume di cromo	ammonio (o potassio) e cromo solfato
- ferrico	ammonio (o potassio) e ferro solfato
- di rocca	alluminio e potassio solfato
- romano	alluminio e potassio solfato
arcano duplicato	potassio solfato
aria deflogisticata	ossigeno
- flogisticata	azoto
- infiammabile	idrogeno
arsenico bianco	triossido di diarsenico
- giallo	solfuri di arsenico
- rosso	solfuri di arsenico
azzurrite	rame idrossocarbonato
barite caustica	bario idrossido
biacca	piombo idrossocarbonato
- di antimonio	ossidi di antimonio
- di bismuto	bismuto idrossonitrato
bianco fisso	bario solfato
- di Spagna	calcio carbonato
- di titanio	diossido di titanio
- di tungsteno	bario wolframato
- di zinco	ossido di zinco
- di zirconio	diossido di zirconio
bicarbonati	idrogenocarbonati
bisolfiti	idrogenosolfiti
bisolfati	idrogenosolfati
blu di Berlino	ferro esacianoferrato
- di Brema	rame idrossoarseniato
- di cobalto	cobalto alluminato
- oltremare	silicoalluminato di sodio + zolfo disperso
- di Prussia	ferro esacianoferrato
- di Thenard	cobalto alluminato
- di Turnbull	ferro esacianoferrato
borace	sodio eptaossotetraborato
bruno di Firenze	rame esacianoferrato
- di manganese	ossidi di manganese
burro di antimonio	antimonio tricloruro
calomelano	mercurio(I) cloruro
camaleonte minerale	potassio permanganato
carbinolo	metanolo
cerussa	piombo idrossocarbonato
chermes minerale	antimonio triossido + antimonio trisolfuro

<i>cloruro di oro</i>	<i>acido cloroaurico(III)</i>
- di platino	<i>acido cloroplatinico(IV)</i>
<i>cremor tartaro</i>	<i>potassio idrogenotarttrato</i>
<i>creta</i>	<i>calcio carbonato</i>
<i>crystallo di rocca</i>	<i>quarzo</i>
<i>essenza di mandorle amare</i>	<i>benzaldeide</i>
<i>etere cognac</i>	<i>etile eptanoato</i>
- solforico	<i>etere etilico</i>
<i>fegato di antimonio</i>	<i>ossisolfuro di antimonio</i>
- di zolfo	<i>potassio polisolfuro</i>
<i>fiore di antimonio</i>	<i>ossido di antimonio</i>
- di calce	<i>idrossido di calcio</i>
- di zinco	<i>ossido di zinco</i>
- di zolfo	<i>zolfo sublimato</i>
<i>gas epatico</i>	<i>solfuro di idrogeno</i>
- delle paludi	<i>metano</i>
<i>giallo di bario</i>	<i>bario cromato</i>
- di calcio	<i>calcio cromato</i>
- di cadmio	<i>cadmio solfuro</i>
- di cromo	<i>piombo cromato</i>
- di Napoli	<i>piombo idrossoantimoniato</i>
- oltremare	<i>bario cromato</i>
- di zinco	<i>zinco cromato</i>
<i>idrogeno arseniato</i>	<i>triidruro di arsenico</i>
- antimoniato	<i>triidruro di antimonio</i>
- fosforato gassoso	<i>triidruro di fosforo</i>
- fosforato liquido	<i>tetraidruro di difosforo</i>
- solforato	<i>solfuro di idrogeno</i>
<i>ipoazotide</i>	<i>diossido di azoto</i>
<i>ipocloride</i>	<i>diossido di cloro</i>
<i>lana philosophica</i>	<i>ossido di zinco</i>
<i>latte di calce</i>	<i>sospensione aquosa di idrossido di calcio</i>
- di magnesia	<i>sospensione acquosa di idrossido di magnesio</i>
<i>litargirio</i>	<i>ossido di piombo</i>
<i>litopone</i>	<i>zinco solfuro + bario solfato</i>
<i>luna cornea</i>	<i>argento cloruro</i>
<i>magistero di bismuto</i>	<i>bismuto idrossonitrato</i>
- di zolfo	<i>zolfo precipitato</i>
<i>magnesia alba</i>	<i>magnesio idrossocarbonato</i>
- usta	<i>ossido di magnesio</i>
<i>massicot</i>	<i>ossido di piombo</i>
<i>minio</i>	<i>tetraossido di tripiombo</i>
- di ferro	<i>ossidi di ferro</i>
- di cobalto	<i>tetraossido di tricobalto</i>
<i>nerofumo</i>	<i>carbone</i>
<i>nero d'ossa</i>	<i>carbone</i>
<i>nito</i>	<i>rado</i>
<i>nitro del Cile</i>	<i>sodio nitrato</i>
<i>oleum</i>	<i>soluzione di triossido di zolfo in acido solforico</i>
<i>olio di mirbano</i>	<i>nitrobenzene</i>

- di vetriolo	acido solforico
oro musivo	stagno disolfuro
orpimento	solfori di arsenico
ossido pulce	diossido di piombo
- salino	tetraossido di tripiombo
percloruro di ferro	ferro(III) cloruro
pietra infernale	argento nitrato
- lucente bolognese	calcio solfuro
pink salt	ammonio esaclorostannato(IV)
poliglia bordolese	rame solfato + calce
polvere di Algarotti	antimonio ossicloruro
porporine	metalli e leghe in polvere
porpora di Cassio	oro e ossidi di stagno colloidali
potassa	ossido di potassio, potassio carbonato
- caustica	idrossido di potassio
precipitato giallo	ossido di mercurio
- rosso	ossido di mercurio
protossido di azoto	ossido di diazoto
- di carbonio	diossido di tricarbonio
prussiato giallo	potassio esacianoferrato(II)
- rosso	potassio esacianoferrato(III)
realgar	solfori di arsenico
regolo di antimonio	antimonio grezzo
- stellato	antimonio puro
rosso indiano	ossidi di ferro
- inglese	ossidi di ferro
sale di acetosella	potassio idrogenoossalato
- amaro	magnesio solfato
- ammoniaco	ammonio cloruro
- di antimonio	antimonio trifluoruro + sodio fluoruro
- argenteo	sodio antrachinon-2-solfonato
- comune	sodio cloruro
- di Epsom	magnesio solfato
- di Fischer	potassio esanitrocobaltato(III)
- di fosforo	ammonio e sodio idrogenofosfato
- di Glauber	sodio solfato
- inglese	magnesio solfato
- di Klee	potassio idrogenoossalato
- di Magnus	tetramminoplatino(II) cloruro
- mirabile	sodio solfato
- microcosmico	ammonio e sodio idrogenofosfato
- di Mohr	ammonio e ferro(II) solfato
- nitroso R	sodio 1-nitroso-2-naftol-3,6-disolfonato
- di Peyrone	cis-diamminodicloroplatino
- R	sodio 2-naftol-3,6-disolfonato
- per riserva	sodio m-nitrobenzensolfonato
- di Rochelle	potassio e sodio tartrato
- di Schlippe	sodio tioantimoniato
- di Seignette	potassio e sodio tartrato
- solvente B	sodio 4-benzilammino-benzensolfonato

- di Sorrel	potassio idrogenoossalato
- volatile	ammonio carbonato
salmarino	sodio cloruro
salmiaco	ammonio cloruro
salnitro	potassio nitrato
sapone dei vetrai	diossido di manganese
schiuma di mare	magnesio octaossotrisilicato
serpente del faraone	mercurio tiocianato
soda	ossido di sodio, sodio carbonato
- caustica	idrossido di sodio
solfidrati	idrogenosolfuri
sottossido di piombo	ossido di dipiombo
spirito di legno	metanolo
- di vino	etanolo
- di Venere	acido acetico
sublimato corrosivo	mercurio(II) cloruro
tartaro delle botti	potassio idrogenotartrato
- emetico	antimonile e potassio tartrato
terra d'ombra	ossidi di ferro
- di Siena	ossidi di ferro
tinkal	sodio eptaossotetraborato
tintura di iodio	soluzione idroalcolica di iodio
verde di Arnaudon	cromo fosfato
- di Brema	idrossido di rame
- di cromo	ossido di cromo
- di Guinet	ossido di cromo
- di rame	rame idrossocarbonato
- di Scheele	rame arsenito
- di Schweinfurt	rame acetoarsenito
vermiglione	mercurio solfuro
vetriolo	acido solforico
- azzurro	rame solfato
- bianco	zinco solfato
- verde	ferro(II) solfato
vetro solubile	soluzione acquosa di sodio silicato
violetto di cobalto	silicati di cobalto
- di stagno	stagno cromato
zucchero di barbabietola	saccarosio
- di canna	saccarosio
- di malto	maltosio
- di Saturno	piombo idrossiacetato
- d'uva	glucosio

R. I dentifrici al fluoro contengono l'elemento fluoro?

D. Nel linguaggio comune, spesso non si distingue elemento chimico da composto chimico, per cui alcuni ritengono che i dentifrici «al fluoro»

contengano fluoro elementare (gas tossico, altamente reattivo, infiammabile a contatto con l'acqua) e non fluoruri. Credono che nella benzina super fosse presente piombo in una forma così suddivisa da diventare invisibile; che le carni e i pesci contengano fosforo elementare (altra sostanza altamente reattiva, spontaneamente infiammabile all'aria), e così via.

Altri esempi. Viene chiamata *fosforo* qualsiasi sostanza fosforescente che potrà contenere di tutto ma non il fosforo. Per semplificare, si usa chiamare *bario* (un elemento che reagisce violentemente con l'acqua) il bario solfato, un suo sale insolubile in acqua, usato in sospensione acquosa come mezzo di contrasto in radiologia. Sempre per semplificare, nell'industria tessile si definisce *candeggio al cloro* il candeggio con ipocloriti o cloriti.

Dalla cronaca nera di un quotidiano del 6.10.1997: «... per errore le è stata somministrata una dose letale di potassio puro». Il potassio è un metallo alcalino caustico che reagisce violentemente con l'acqua e sicuramente non si trova nella farmacia di un ospedale. Un altro quotidiano (22.9.2001), a proposito di una esplosione di ammonio nitrate verificatasi in uno stabilimento di Tolosa, parla di un «terreno ricoperto di polvere di azoto» (che è un gas incolore e inodore).

6.2. Molecole e ioni

R. I composti chimici sono costituiti da molecole?

D. Alcuni sì e altri no. E' consigliabile evitare, relativamente ai composti chimici, i termini *molecola*, *massa molecolare* e simili poiché, come vedremo, molti composti non sono costituiti da molecole ma da ioni. Nel dubbio, il termine «formula» funziona sempre.

Esempi. a) Il metano (CH_4) è sicuramente costituito da molecole per cui è esatto parlare di molecole di metano, massa molecolare del metano, ecc.

b) Il sodio cloruro, avente formula NaCl , non è costituito da molecole discrete NaCl ma da cationi Na^+ e anioni Cl^- ; in questo caso i termini «molecola» di NaCl e «massa molecolare» di NaCl sono errati. La formula NaCl rappresenta soltanto il rapporto 1:1 con cui sodio e cloro sono combinati tra loro.

R. Nell'esempio precedente ha parlato di cationi e anioni ma non mi ha ancora detto che cosa sono.

D. Provvedo subito. Gli *ioni* sono atomi o aggruppamenti atomici aventi carica elettrica positiva (*cationi*) o negativa (*anioni*) dovuta rispettivamente alla perdita, o all'acquisto, di uno o più elettroni da parte di un atomo o del gruppo atomico.

Esempi. a) *F* rappresenta un atomo di fluoro ($Z = 9$) contenente 9 protoni e 9 elettroni. Il fluoro possiede grande tendenza ad acquistare un elettrone da altre sostanze: quando ciò accade, gli elettroni aumentano a 10 e si forma uno *anione* F^- .

b) *Na* rappresenta un atomo di sodio ($Z = 11$) contenente 11 protoni e 11 elettroni, avente grande tendenza a cedere un elettrone ad altre sostanze; quando ciò accade, i suoi elettroni si riducono a 10, prevale la carica positiva dei protoni e si forma un *catione* Na^+ .

Attenzione. I *segni* (-) in apice nella formula di uno ione indicano la presenza di elettroni *in più* di quelli posseduti dall' atomo elettricamente neutro; i *segni* (+) elettroni *in meno*. Un po' come quando si tenne il referendum sul divorzio: dal modo come era posta la domanda, trattandosi di un referendum abrogativo, chi era favorevole al divorzio doveva votare *NO* mentre chi era contrario doveva votare *SI*.

Uno ione è una cosa ben diversa da un elemento. Ad esempio, il sodio *Na* è un metallo tenero che reagisce violentemente con l'acqua; lo ione sodio Na^+ (incolore) è presente in tutti i sali di sodio e si riscontra libero nelle loro soluzioni acquose. Eppure, qualcuno confonde ancora atomo o molecola con ione, come quel cronista che ha scritto: «L' idrogenazione degli oli, ovvero l'aggiunta di ioni H^+ ». (Gli oli vegetali vengono fatti reagire con l'idrogeno, gas costituito da molecole H_2 , per ottenere grassi solidi).

I *cationi semplici* hanno lo stesso nome dell'elemento da cui derivano.

Esempi. a) Dal calcio (*Ca*) e dall'alluminio (*Al*), per la perdita rispettivamente di due e tre elettroni, derivano i cationi calcio (Ca^{2+}) e alluminio (Al^{3+}).

b) Il ferro (*Fe*) può perdere due elettroni e tre elettroni: si formano in questo caso due ioni, il catione ferro(II) (Fe^{2+}) ed il catione ferro(III) (Fe^{3+}).

Gli *anioni semplici* prendono il nome dell'elemento da cui derivano, con il suffisso *-uro*. Ad esempio, dal fluoro (F) deriva l'anione *fluoruro* (F^-), dallo zolfo (S) l'anione *solfuro* (S^{2-}).

Ora le pongo una domanda: quando un atomo perde o acquista uno o più elettroni diventando uno ione, il suo numero atomico varia?

R. Direi di no. Nel passaggio da atomo a ione, e viceversa, il nucleo atomico non viene toccato; il numero di protoni del nucleo è sempre lo stesso.

D. a) Ora scriva le formule e denomini gli ioni che si formano quando il rame perde rispettivamente uno o due elettroni. b) Denomini i seguenti ioni: At^- , Ti^{4+} , As^{3-} .

R. a) Cu^+ , catione rame(I); Cu^{2+} , catione rame(II). b) Astaturo, catione titanio(IV), arsenuro.