

7. ALCUNI IMPORTANTI COMPOSTI CHIMICI

D. Occupiamoci ora di alcuni importanti composti binari e ternari. Prima, però, devo fornirle il concetto di **valenza**. Attualmente, si allude alla valenza soltanto quando si parla di elementi *monovalenti*, *bivalenti*, ecc. Tuttavia, il vecchio concetto di valenza è ancora utile per ricavare facilmente le formula di un composto binario.

La valenza di un elemento si può definire come il numero di atomi di idrogeno (avente valenza 1 per definizione) che si uniscono ad un atomo dell'elemento quando forma un vero, o ipotetico, composto con l'idrogeno. La valenza degli elementi è compresa tra 1 e 8 per cui un elemento può essere *monovalente*, *bivalente*, *trivalente*, *tetravalente*...

R. ... *pentavalente*, *esavalente*, *eptavalente*, *octavalente*, ...

D. Alt. Un elemento *E*, se forma con l'idrogeno un composto EH , è *monovalente*, se forma un composto EH_2 è *bivalente*, se forma un composto EH_3 è *trivalente*, ecc. Esempi. Lo iodio I, lo zolfo S e l'arsenico As, unendosi all'idrogeno, formano i tre composti HI, H_2S e H_3As . Lo iodio è monovalente, lo zolfo è bivalente e l'arsenico è trivalente.

R. Quindi, conoscendo la valenza di due elementi, si può trovare facilmente la formula di un loro composto.

D. Infatti. Quando due elementi aventi la *stessa valenza* (entrambi monovalenti, entrambi bivalenti, ecc.) reagiscono tra loro, nel composto risultante si trovano in rapporto 1:1.

Esempi. a) Il cloro Cl (monovalente), si unisce al bromo Br, (monovalente) formando il composto ClBr.

b) Il ferro Fe e lo zolfo S (entrambi bivalenti), formano il composto FeS.

c) Il carbonio C e il silicio Si (entrambi tetravalenti), formano il composto SiC.

Quando un elemento A con valenza *a* e un elemento B con valenza *b* reagiscono, si forma un composto con formula A_bB_a .

- Esempi.* a) L'alluminio Al (trivalente) con l'ossigeno O (bivalente), forma un composto Al_2O_3 .
 b) Il piombo (tetravalente) con l'ossigeno O (bivalente), forma il composto Pb_2O_4 , ovvero PbO_2 .
 c) Il manganese Mn (eptavalente), con l'ossigeno O (bivalente), forma un composto Mn_2O_7 .
 d) L'osmio Os (octavalente), con l'ossigeno O (bivalente) forma un composto Os_2O_8 , ovvero OsO_4 .

Risponda: quale valenza ha il carbonio nei composti CO e CO_2 ?

R. Due e quattro.

D. Ora, un cenno su due importanti proprietà degli elementi, l'*elettronegatività (en)* e il *numero di ossidazione (n.o.)*.

Secondo il chimico statunitense Linus Pauling (1901-1994), Nobel 1954 per i suoi studi sul legame chimico: «L' **elettronegatività** di un atomo, in una molecola, è il potere di quell' atomo ad attrarre elettroni verso di sé». L'elettronegatività Pauling si esprime con numeri; l'elemento più elettronegativo è il fluoro ($en = 4$), il più non metallo dei non metalli. L'elemento meno elettronegativo è il francio ($en = 0,7$), il più metallo dei metalli. Noti che il primo, nella tavola periodica, si trova in alto a destra ed il secondo in basso a sinistra. Infatti, nella tavola periodica l'elettronegatività degli elementi *diminuisce dall'alto verso il basso e da destra verso sinistra*. Ritourneremo sull'argomento quando parleremo del legame chimico.

Tab. 7/1. Elettronegatività Pauling dei principali elementi.

1	2	3d	4d	5d	6d	7d	8d	9d	10d	11d	12d	13	14	15	16	17
H 2,20																
Li 0,97	Be 1,47											B 2,01	C 2,50	N 3,07	O 3,50	F 4,10
Na 1,01	Mg 1,23											Al 1,47	Si 1,74	P 2,06	S 2,44	Cl 2,83
K 0,91	Ca 1,04	Sc 1,20	Ti 1,32	V 1,45	Cr 1,56	Mn 1,60	Fe 1,64	Co 1,70	Ni 1,75	Cu 1,75	Zn 1,66	Ga 1,82	Ge 2,02	As 2,20	Se 2,48	Br 2,74
Rb 0,89	Sr 0,99	Y 1,11	Zr 1,22	Nb 1,23	Mo 1,34	Tc 1,36	Ru 1,42	Rh 1,45	Pd 1,35	Ag 1,42	Cd 1,46	In 1,49	Sn 1,72	Sb 1,82	Te 2,01	I 2,21
Cs 0,86	Ba 0,97	La 1,08	Hf 1,23	Ta 1,33	W 1,40	Re 1,46	Os 1,52	Ir 1,55	Pt 1,44	Au 1,42	Hg 1,44	Tl 1,44	Pb 1,55	Bi 1,67	Po 1,76	At 1,96
Fr 0,86	Ra 0,97	Ac 1,00														

Il numero di ossidazione è un numero convenzionale, positivo o negativo, che si attribuisce, applicando alcune regole, ad un elemento presente in un composto.

Premesso che, in un composto, la somma algebrica dei numeri di ossidazione degli elementi è uguale a zero:

* Il numero di ossidazione di un *elemento* allo stato libero, tanto sotto forma di atomi (es: C, Na) quanto sotto forma di molecole (es: Cl₂, O₂, O₃, P₄) è sempre uguale a zero.

* Il numero di ossidazione di uno *ione* è la sua carica elettrica.

* Il numero di ossidazione del *fluoro*, l'elemento più elettronegativo, nei suoi composti è sempre - 1.

* Il numero di ossidazione dell'*ossigeno*, l'elemento più elettronegativo dopo il fluoro, è - 2 nei composti con gli altri elementi; + 2 nel composto F₂O e - 1 nei perossocomposti (li incontreremo più avanti).

* Il numero di ossidazione dell'*idrogeno* è + 1 nei composti con gli elementi più elettronegativi (F, Cl, Br, I, O, S, N, C) mentre è - 1 nei composti con gli elementi meno elettronegativi.

Esempi. a) Il numero di ossidazione dello zolfo nel composto H₂S è - 2.

b) Il numero di ossidazione del calcio nel composto CaH₂ è + 2.

c) Il numero di ossidazione del carbonio nei composti CO e CO₂ è rispettivamente + 2 e + 4.

Ora provi a calcolare lei i numeri di ossidazione dell'azoto nelle seguenti sostanze: NH₃, N₂H₄, H₂NOH, N₂, N₂O, NO, N₂O₃, NO₂, N₂O₄, N₂O₅.

R. Sono rispettivamente - 3, - 2, - 1, 0, + 1, + 2, + 3, + 4, + 4, + 5.

D. Calcoli ora il numero di ossidazione degli elementi uniti all'ossigeno nei seguenti composti: K₂O, CaO, F₂O, Cl₂O, Pb₃O₄, Fe₂O₃, P₄O₆, P₄O₁₀.

R. + 1, + 2, - 1, + 1, + 8/3, + 3, + 5.

D. Vediamo ora come si denominano i composti binari, applicando una regola dettata dalla IUPAC: il nome di uno dei due elementi rimane invariato mentre l'altro, se posto alla sua destra nella serie seguente

Metalli B Si C Sb As P N H Te Se S I Br Cl O F

assume desinenza *-uro*. L'ossigeno non diventa ossigenuro ma *ossido*.

Esempi. a) HF si chiama *fluoruro di idrogeno* (e non idruro di fluoro).

b) SiC si chiama *carburo di silicio* (e non siliciuro di carbonio).

c) Il cloro forma, con l'ossigeno, quattro ossidi: Cl₂O, ossido di *dicloro*; Cl₂O₃, *triossido di dicloro*; Cl₂O₅, *pentossido di dicloro*; Cl₂O₇, *eptossido di dicloro*.

Mi dica: l'acqua è ossido di diidrogeno o diidruro di ossigeno? Come denominerebbe i seguenti composti F₂O, CO, CO₂, P₂S₃, FeCl₂, N₂O₅, NH₃, N₂H₄, Pb₃O₄?

R. L'acqua è ossido di idrogeno e gli altri composti si chiamano difluoruro di ossigeno, ossido di carbonio, diossido di carbonio, trisolfuro di difosforo, dicloruro di ferro, pentossido di diazoto, triidruro di azoto, tetraidruro di diazoto, tetrossido di tripiombo.

Tutto ciò mi ricorda un tormentone del comico romagnolo Maurizio Ferrini in un varietà televisivo: «Lo dice la parola stessa!».

D. Vi è un sistema più semplice, tuttavia, per denominare un composto binario, la **notazione di Alfred Stock**, approvata dalla IUPAC. Quando un elemento forma con un altro più composti, anziché usare i prefissi mono-, di-, tri- ... si scrive in parentesi, accanto al nome dell'elemento, il suo numero di ossidazione. Il nome del composto viene così «alleggerito» ma ciò non è sempre possibile.

Esempi. SbCl₃, cloruro di antimonio(III). SbCl₅, cloruro di antimonio(V). Sb₂S₃, solfuro di antimonio(III). Sb₂S₅, solfuro di antimonio(V). P₄O₁₀, decaossido di tetrafosforo (non si può denominare secondo Stock). Fe₃O₄, tetrossido di triferro (non si può denominare secondo Stock).

Ora provi lei a denominare secondo Stock i seguenti composti: Cl₂O, Cl₂O₃, Cl₂O₅, Cl₂O₇, Mn₂O₇, Cu₂S, CuS, h) RuO₄.

R. Direi ossido di cloro(I), ossido di cloro(III), ossido di cloro(V), ossido di cloro(VIII), ossido di manganese(VII), solfuro di rame(I), solfuro di rame(II), ossido di rutenio(VIII).

■ Il **monocloruro** S_2Cl_2 e il **dicloruro di zolfo** SCl_2 sono liquidi corrosivi di odore sgradevole, usati nella vulcanizzazione del caucciù per ottenere gomma elastica. Il **tricloruro** PCl_3 e il **pentacloruro di fosforo** PCl_5 sono rispettivamente un liquido e un solido corrosivi, fumanti all'aria, usati in chimica organica come cloruranti. Il **carbonio tetracloruro** o **tetraclorometano** CCl_4 è un liquido bassobollente, pesante, tossico, non infiammabile, non miscibile con l'acqua; è usato come solvente di sostanze non polari.

Composti analoghi sono il triclorometano o *cloroformio* $CHCl_3$ e il diclorometano CH_2Cl_2 .

I **solfuri di fosforo** P_xS_y si usano nell'industria dei fiammiferi. Il **trisolfuro di arsenico** As_2S_3 , giallo, costituisce il minerale *orpimento*. Il **trisolfuro di antimonio** Sb_2S_3 costituisce il minerale *stibite*. Il **solfuro di carbonio** CS_2 è un liquido pesante, bassobollente, tossico, infiammabilissimo (per sicurezza si conserva sotto acqua, con cui non è miscibile), usato come solvente dello zolfo e di altre sostanze non polari.

Il **carburo di silicio** o **carborundo** SiC , il **carburo di boro** B_6C e il **carburo di wolframio** WC sono materiali duri, usati come abrasivi e nella produzione di leghe per utensili. Il **carburo di calcio** CaC_2 si usava un tempo per produrre l'acetilene; in determinate condizioni reagisce con l'azoto formando la *calciocianammide* $CaCN_2$, un fertilizzante.

7.1. Composti dei non metalli con l'idrogeno

D. Parliamo ora dei principali composti dei non metalli con l'idrogeno, costituiti da molecole. I composti dell'idrogeno con gli elementi meno elettronegativi si chiamano *idruri*. I composti dei non metalli con l'idrogeno conservano antichi nomi di fantasia; alcuni di essi sono acidi (vedremo molto più avanti il significato di *acido*) e prendono il nome del non metallo con desinenza *-idrico*.

Tab. 7/2. Alcuni composti di non metalli con l'idrogeno.

Gr.	el.	n.o.	.	nome IUPAC	nome tradizionale
17	F	- 1	HF	fluoruro di idrogeno	acido fluoridrico
	Cl	- 1	HCl	cloruro di idrogeno	acido cloridrico
	Br	- 1	HBr	bromuro di idrogeno	acido bromidrico
	I	- 1	HI	ioduro di idrogeno	acido iodidrico
16	S	- 2	H_2S	solfuro di idrogeno	acido solfidrico
15	N	- 3	NH_3	triidruro di azoto	ammoniaca
	P	- 3	PH_3	triidruro di fosforo	fosfano
14	C	- 4	CH_4	tetraidruro di carbonio	metano

Provi a scrivere le formule e denominare i composti del selenio e del tellurio con l'idrogeno.

R. SeH₂, seleniuro di idrogeno o acido selenidrico; TeH₂, tellururo di idrogeno o acido telluridrico.

■ L' **acido fluoridrico** HF è un gas tossico, corrosivo, di odore pungente, solubile in acqua; si trova in commercio in soluzione acquosa al 40 % m/m in recipienti di polipropene. Attacca il vetro e i materiali ceramici per formazione di tetrafluoruro di silicio e si usa per incidere e smerigliare il vetro. L' **acido cloridrico** HCl è un gas corrosivo di odore pungente, solubile in acqua; si trova in commercio allo stato liquido, compresso in bombole, e in soluzione acquosa al 36 % m/m. Si produce bruciando idrogeno in atmosfera di cloro ($H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$) e trova numerose applicazioni industriali.

L' **acido solfidrico** H₂S è un gas tossico, infiammabile, di odore sgradevole, discretamente solubile in acqua. Si commercia allo stato liquido, compresso in bombole, e trova scarse applicazioni. Costituisce un sottoprodotto dell'industria petrolifera, in cui viene usato per produrre acido solforico.

L' **ammoniaca** NH₃ è un gas tossico, di odore caratteristico, molto solubile in acqua. Si trova in commercio allo stato liquido, compressa in bombole, e in soluzione acquosa al 32 % m/m. È un importante intermedio nella produzione dei fertilizzanti azotati e si produce per sintesi da idrogeno e azoto, ad alta temperatura e alta pressione, in presenza di catalizzatori a base di ferro ($N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$). Esistono, oltre all'ammoniaca, altri idruri di azoto e sono: tetraidruo di diazoto N₂H₄ (**idrazina**), idruo di triidrogeno HN₃ (**acido azotidrico**). Il **fosfano** PH₃ è un gas molto tossico; esiste anche un **difosfano** P₂H₄, spontaneamente infiammabile all'aria, a cui si deve il fenomeno dei fuochi fatui.

Il **metano** CH₄ è il costituente principale dei *gas naturali* e, oltre che come fonte di energia, costituisce una materia prima per la produzione industriale di numerosi composti organici.

7.2. Composti degli elementi con l'ossigeno

R. Tutti i composti degli elementi con l'ossigeno (ad eccezione di F₂O, fluoruro di ossigeno) si chiamano *ossidi*. Vi sono ossidi molecolari e ossidi ionici. Alcuni ossidi di non metalli, e di qualche metallo di transizione, si chiamavano anche **anidridi**.

Selenio e tellurio sono simili allo zolfo: consultando la tab. 7/3 scriva formule e nomi dei composti di questi due elementi con l'ossigeno.

R. SeO₂, diossido di selenio o anidride seleniosa; SeO₃, triossido di selenio o anidride selenica; TeO₂, diossido di tellurio o anidride tellurosa; TeO₃, triossido di tellurio o anidride tellurica.

R. Ho sentito parlare anche di anidrite e anidrone. Che composti sono?

D. L' *anidrite* (o gesso morto) è solfato di calcio anidro, ottenuto riscaldando la pietra da gesso a temperature superiori a 200 °C. L' *anidrone* (magnesio perclorato granulare) è un disidratante.

R. In un quotidiano del 14.12.1996 si poteva leggere: «E' una sostanza che impedisce all'anidride solforosa di trasformarsi in biossido di zolfo». Ma non sono la stessa cosa?

D. Chi ha commesso l'errore è stato ingannato dalla doppia nomenclatura degli ossidi, tradizionale e IUPAC. Si tratta infatti della stessa sostanza, avente formula SO_2 .

Per la IUPAC, tutti i composti degli elementi con l'ossigeno (escluso F_2O , fluoruro di ossigeno) si devono chiamare ossidi.

Il vecchio termine anidride (dal greco *ánhydros*, privo di acqua), «fuorilegge» ma tuttora in uso, è riservato a quei particolari ossidi di non metalli, e di elementi di transizione, da cui derivano gli ossoacidi.

7.3. Un ossido tutto particolare, l'acqua

R. E' stato affermato che l'acqua presenta un comportamento anomalo rispetto a quello di altre sostanze aventi composizione simile. E' vero?

D. Sì. L'acqua, così familiare e dalla formula così (apparentemente) semplice, è liquida alla temperatura ambiente mentre ci si aspetta sia gassosa, e solidifica con aumento di volume. I valori del calore di vaporizzazione, del calore specifico, della tensione superficiale e della costante dielettrica dell'acqua sono particolarmente elevati.

R. Perché l'acqua è liquida alla temperatura ambiente?

D. I composti dell'idrogeno con gli elementi del gruppo 16 della tavola di Mendeleev (H_2S , H_2Se , H_2Te), sono gassosi alla temperatura ambiente. L'acqua è liquida perchè tra le sue molecole, per la forte elettronegatività dell'ossigeno, si stabiliscono legami di idrogeno, come vedremo più avanti, che portano ad aggregazioni molecolari $(\text{H}_2\text{O})_n$.

R. Che cosa sono il BOD ed il COD di un'acqua?

D. BOD è acronimo di *biochemical oxygen demand* ed è la concentrazione, nelle acque, di sostanze ossidabili, espressa in parti per milione di ossigeno necessario per decomporle, in condizioni anaerobiche, dopo un certo tempo di incubazione in appropriati sistemi biologici.

COD è acronimo di *chemical oxygen demand* ed è la concentrazione, nelle acque, di sostanze ossidabili, espressa in parti per milione di ossigeno necessario per decomporle, valutabile mediante titolazione con potassio dicromato o potassio permanganato.

R. Cosa sono le acque minerali ?

D. Sono acque naturali o artificiali contenenti sali; alcune hanno proprietà terapeutiche (a. clorurate, a. solfuree, a. solfate, a. bicarbonate, a. ferruginose, a. arsenicali, a. salsobromoiodiche, ecc.).

Per *residuo fisso* di un'acqua si intende la quantità in grammi di sostanza solida (sali + silice) che rimane dopo l' evaporazione di 1 l di acqua ed il riscaldamento del residuo a 180 °C. Secondo il residuo fisso, le acque minerali si classificano in *oligominerali* (< 0,2 g/l), *mediominerali* (0,2÷1,0 g/l) e *minerali* (> 1 g/l).

R. Sull'etichetta di un' acqua minerale ho letto: «Ione magnesio, 28 mg/l; ione cloridrico, 2,4 mg/l; ione nitrico, 6,6 mg/l; ione idrocarbonico, 287,0 mg/l; ione anidride silicica, 18 mg/l. Contenente gas acido carbonico». I nomi non mi sembrano corretti.

D. Infatti. E' corretto soltanto il primo. Secondo la IUPAC, infatti, i cationi prendono lo stesso nome dell'elemento; il nome degli anioni semplici deriva da quello dell'elemento con desinenza -uro e gli anioni costituiti da due o più elementi assumono desinenza -ato. Si dirà quindi ione cloruro e non cloridrico, ione nitrato e non nitrico, ione idrogenocarbonato e non idrocarbonico. Lo ione anidride silicica non esiste, esistono gli ioni silicati, le cui concentrazioni vengono però espresse in diossido di silicio SiO₂. Il gas dissolto nell'acqua non è acido carbonico ma diossido di carbonio, o anidride carbonica.

R. L' acqua distillata è diversa dall' acqua deionizzata?

D. Entrambe sono acque prive di sali; la differenza risiede soltanto nel metodo per ottenerle.

L' *acqua distillata* si ottiene per ebollizione dell'acqua comune e successiva condensazione del vapore; l' operazione è lenta e costosa per il grande consumo di energia richiesto. L'acqua distillata non contiene sali ma piccole quantità di sostanze organiche varie e pirogeni (poliosi prodotti da batteri). Per distruggere le sostanze organiche e i pirogeni si esegue una seconda distillazione, aggiungendo all'acqua distillata del potassio permanganato, ottenendo così l' *acqua bidistillata*.

L' *acqua deionizzata* si ottiene facendo passare l'acqua, alla temperatura ambiente, attraverso resine scambiatrici di ioni in forma granulare. Le sostanze organiche e i pirogeni non vengono trattiene dalle resine. Incontreremo le resine a scambio ionico in chimica organica.

Tanto l'acqua distillata quanto quella deionizzata contengono sempre piccole quantità di gas disciolti, in particolare diossido di carbonio. Per evitare cessioni di sostanze da parte del vetro, si conservano in contenitori di polietilene o polipropilene.

L'acqua di pioggia e la neve, non contenendo sali, possono essere usate, in certi casi, come sostituti dell'acqua distillata o dell'acqua deionizzata. Eppure, in un giornale del 12.1.1999, si trovava questa affermazione: «La neve disciolta è ottima per annaffiare le piante essendo ricca di sali minerali». E' esattamente il contrario.

R. Che cosa sono l' acqua pesante, l' acqua semipesante e l' acqua ultrapesante?

D. L' *acqua pesante* è l' ossido di deuterio D_2O ; ha una densità superiore a quella dell'acqua ($d = 1,108$ g/ml a 25 °C); fonde e bolle a temperature superiori ($t_{fus} = 3,6$ °C; $t_{eb} = 101,42$ °C) ed è presente in piccole quantità (0,018 % m/m) nell'acqua naturale, costituita quasi totalmente da ossido di prozio. L' *acqua semipesante* è ossido di prozio e deuterio HDO; l' *acqua ultrapesante* è l'ossido di trizio T_2O .

Tab. 7/3. Alcuni ossidi.

Gr.	El.	n.o.	nome IUPAC	nome tradizionale
-----	-----	------	------------	-------------------

1	H	+ 1	H ₂ O	ossido di idrogeno	acqua
	Na	+ 1	Na ₂ O	ossido di sodio	
	K	+ 1	K ₂ O	ossido di potassio	
2	Mg	+ 2	MgO	ossido di magnesio	magnesia
	Ca	+ 2	CaO	ossido di calcio	calce
	Ba	+ 2	BaO	ossido di bario	barite
4 d	Ti	+ 4	TiO ₂	diossido di titanio	biossido di titanio
5 d	V	+ 5	V ₂ O ₅	ossido di vanadio(V)	<i>anidride vanadica</i>
6 d	Cr	+ 3	Cr ₂ O ₃	ossido di cromo(III)	ossido di cromo
		+ 6	CrO ₃	ossido di cromo(VI)	<i>anidride cromica</i>
7 d	Mn	+ 2	MnO	ossido di manganese(II)	ossido di manganese
		+ 4	MnO ₂	ossido di manganese(IV)	biossido di manganese
		+ 6	MnO ₃	ossido di manganese(VI)	<i>anidride manganica</i>
		+ 7	Mn ₂ O ₇	ossido di manganese(VII)	<i>anidride permanganica</i>
8 d	Fe	+ 2	FeO	ossido di ferro(II)	ossido ferroso
		+ 3	Fe ₂ O ₃	ossido di ferro(III)	ossido ferrico
		+ 2	CoO	ossido di cobalto(II)	
		+ 3	NiO	ossido di nichelio(II)	
11 d	Cu	+ 1	Cu ₂ O	ossido di rame(I)	ossido rameoso, o cuproso
		+ 2	CuO	ossido di rame(II)	ossido rameico, o cuprico
12 d	Zn	+ 2	ZnO	ossido di zinco	
	Hg	+ 2	HgO	ossido di mercurio(II)	
13	B	+ 3	B ₂ O ₃	ossido di boro(III)	<i>anidride borica</i>
	Al	+ 3	Al ₂ O ₃	ossido di alluminio	allumina
14	C	+ 2	CO	ossido di carbonio	
		+ 4	CO ₂	diossido di carbonio	<i>anidride carbonica</i>
	Si	+ 2	SiO	ossido di silicio	monox
	Sn	+ 2	SnO	ossido di stagno	ossido stannoso
		+ 4	SnO ₂	diossido di stagno	ossido stannico
	Pb	+ 2	PbO	ossido di piombo	litargirio
		+ 4	PbO ₂	diossido di piombo	biossido di piombo
15	N	+ 1	N ₂ O	ossido di azoto(I)	protossido di azoto
		+ 2	NO	ossido di azoto	ossido nitrico
		+ 3	N ₂ O ₃	ossido di azoto(III)	<i>anidride nitrosa</i>
		+ 4	NO ₂	diossido di azoto	ipoazotide
		+ 5	N ₂ O ₅	ossido di azoto(V)	<i>anidride nitrica</i>
	P	+ 3	P ₂ O ₃	ossido di fosforo(III)	<i>anidride fosforosa</i>
			P ₂ O ₅	ossido di fosforo(V)	<i>anidride fosforica</i>
16	S	+ 4	SO ₂	diossido di zolfo	<i>anidride solforosa</i>
		+ 6	SO ₃	triossido di zolfo	<i>anidride solforica</i>
17	Cl	+ 1	Cl ₂ O	ossido di cloro(I)	<i>anidride ipoclorosa</i>
			Cl ₂ O ₃	ossido di cloro(III)	<i>anidride clorosa</i>
			ClO ₂	ossido di cloro(IV)	<i>ipocloride</i>
			Cl ₂ O ₅	ossido di cloro(V)	<i>anidride clorica</i>
			Cl ₂ O ₇	ossido di cloro(VII)	<i>anidride perclorica</i>

R. che cosa è l'acqua borica?

D. Anticamente il termine «acqua» si usava per indicare liquidi e soluzioni di ogni genere; i termini sopravvissuti sono elencati nella tabella.

Tab.7/4. Antiche «acque».

<i>acqua di barite</i>	soluzione acquosa di idrossido di bario
<i>acqua borica</i>	soluzione acquosa di acido borico
<i>acqua di bromo</i>	soluzione acquosa di bromo
<i>acqua di calce</i>	soluzione acquosa di idrossido di calcio
<i>acqua di cloro</i>	soluzione acquosa di cloro
<i>acqua di Colonia</i>	soluzione idroalcolica di essenze
<i>acqua epatica</i>	soluzione acquosa di acido solfidrico
<i>acquaforte</i>	acido nitrico
<i>acqua di Javel</i>	soluzione acquosa di sodio ipoclorito
<i>acqua di Labarraque</i>	soluzione acquosa di potassio ipoclorito
<i>acqua ossigenata</i>	soluzione acquosa di perossido di idrogeno
<i>acqua ragia</i>	trementina
<i>acqua regia</i>	acido cloridrico conc. + acido nitrico conc.
<i>acqua vegeto-minerale</i>	soluzione acquosa di piombo idrossiacetato
<i>acquaviti</i>	bevande aventi gradazione alcolica non inferiore a 40°

R. Che cosa rappresenta la formula NO_x ?

D. Simboleggia la miscela di ossido di azoto NO e diossido di azoto NO_2 , tossici, presenti nell'atmosfera delle città, inquinata dagli scarichi degli autoveicoli, degli impianti industriali e di riscaldamento.

Alla presenza, nell'aria, degli ossidi di azoto e di zolfo, è dovuta la formazione delle piogge acide, contenenti rispettivamente i loro prodotti di ossidazione, acido nitrico e acido solforico.

R. L'inquinamento atmosferico e idrico sono fenomeni tipici dei nostri giorni?

D. No. Ancora nei primi anni del '900, per esempio, i Comuni italiani, in maggioranza, erano privi di fognature ed attraversati da canali scoperti dove finiva di tutto. L'aria era spesso ammorbata dai miasmi di uno dei tanti pozzi neri in fase di spurgo. (Nel mio paese provvedeva all'opera una pompa a mano manovrata da un certo C.P., più conosciuto come Pédar d'la merda). Gli scarti di lavorazione delle industrie chimiche, delle concerie, delle cartiere, delle tintorie, venivano tranquillamente scaricati

nel corso d'acqua più vicino. Le ciminiere delle fabbriche, i camini delle abitazioni, le locomotive a vapore vomitavano un denso fumo nero, prodotto della combustione incompleta del carbone: soltanto un forte vento lo poteva disperdere. Ne «I quaderni postumi del Circolo Pickwick» (1837) Charles Dickens così scrive, a proposito della città di Birmingham: «...il colore fosco di ogni oggetto, l'atmosfera fumosa, le strisce di cenere e di polvere di mattoni, le masse di fumo denso che uscivano pesantemente dalle alte ciminiere annerendo e oscurando tutto all'intorno....».

Tuttavia, per i nostalgici di un'età dell'oro mai esistita, in passato tutto era bello, pulito, profumato. «Molti sognano una vita semplice che, a coloro che l'hanno vissuta in realtà, non è apparsa tanto semplice» (Isaac Asimov).

Gli ecoestremisti sono stati impietosamente definiti, da Alberto Ronchey, «una minoranza utopica che insegue ancora l'estremismo, malattia infantile dell'ecologismo, e vorrebbe sopprimere l'industria secondo il famoso appello di Henry D. Thoreau: 'Stop the machine!'». Impossibile ormai, dopo un secolo e mezzo, almeno per chi abbia qualche nozione storica sulle miserie della società preindustriale».

Il predicatore Beppe Grillo si è scagliato contro le sostanze plastiche e poi ha accettato di fare pubblicità ad uno yogurt, guarda caso, venduto in contenitori di plastica. Ha dichiarato in una intervista: «Mi rifiuto di riscaldare casa mia con il metano algerino o con l'elettricità prodotta nelle centrali nucleari francesi. L'energia necessaria la produrrò da me». Bravo.

R. Che cosa si intende per inquinamento fotochimico?

D. La formazione, nell'aria, di composti tossici o cancerogeni (ozono, aldeidi acetica, acrilica, formica, perossocomposti organici, ecc.) iniziata dai raggi solari, particolarmente dai raggi UV, a partire da sostanze (idrocarburi, ossidi di azoto e altre) presenti nello smog delle città.

■ L' **ossido di magnesio** MgO una polvere bianca poco solubile in acqua, fusibile ad alta temperatura (2800 °C), usato come refrattario. Si ottiene riscaldando minerali contenenti magnesio carbonato, come la magnesite e la dolomite ($MgCO_3 \rightarrow MgO + CO_2$). L' **ossido di calcio** CaO è una polvere bianca; reagisce con acqua formando l'idrossido di calcio; la reazione è esotermica, da cui gli antichi termini *calce viva*, *calce spenta* e «spegnimento» della calce. Si ottiene per riscaldamento di rocce contenenti calcio carbonato ($CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$).

Il **diossido di titanio** TiO₂ è una polvere bianca usata come pigmento nelle industrie ceramica, delle vernici, dei plastomeri, delle tecnofibre. I **pigmenti** sono sostanze bianche o colorate usate per colorare

un materiale per sovrapposizione (dispersi in una vernice) o per incorporazione. A differenza di altri pigmenti bianchi, il diossido di titanio è leggero, non tossico e non annerisce per azione dell'acido solfidrico.

L' **ossido di cromo(III)** Cr_2O_3 è una polvere verde insolubile in acqua e inattaccabile dagli acidi; è usato come pigmento e abrasivo. L' **ossido di cromo(VI)**, o **anidride cromica**, CrO_3 è invece una sostanza cristallina rossa molto solubile in acqua. Il **diossido di manganese(IV)**, MnO_2 , è una polvere bruna usata come catalizzatore e ossidante.

L' **ossido di ferro(III)** Fe_2O_3 costituisce la base di molti pigmenti il cui colore varia dal giallo, al rosso, al verde, al bruno (terra di Siena, terra d'ombra, ocre, ecc). L' **ossido di cobalto(II)** CoO è una polvere nera e si usa come pigmento nell'industria ceramica. Pigmenti derivanti dall'ossido di cobalto sono il *verde di Rinmann* (cobalto zincato) e l'*azzurro di Thenard* (cobalto alluminato).

L' **ossido di zinco** ZnO è una polvere bianca usata come pigmento. L' **ossido di mercurio(II)** HgO esiste in due forme allotropiche, rossa e gialla; si usa nell'industria ceramica.

L' **ossido di alluminio** Al_2O_3 è una polvere bianca inattaccabile dagli acidi; si prepara per riscaldamento dell'idrossido di alluminio ($2\text{Al}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$) e trova applicazione nell'industria e nei laboratori chimici. E' un componente dei cementi.

Il **monossido di carbonio** (o semplicemente **ossido di carbonio**) CO è un gas inodoro, poco solubile in acqua, *tossico* perchè si unisce all'emoglobina del sangue formando la carbossiemoglobina che non permette il trasporto di ossigeno ai tessuti. Si forma quando un combustibile brucia in difetto di aria. E' presente nei gas di scarico degli autoveicoli ed è il costituente combustibile di gas industriali quali il *gas d'acqua* (ottenuto inviando vapor d'acqua sul carbone rovente), il *gas di distillazione* del carbone, i *gas delle raffinerie di petrolio*, i *gas degli altiforni* dove si produce la ghisa. Il **diossido di carbonio** o **anidride carbonica** CO_2 è un gas più pesante dell'aria; *non è tossico*, ma è un *asfissiante*: presente in un ambiente diventa pericoloso quando la concentrazione dell'ossigeno si abbassa al disotto del 18 %. E' il prodotto della combustione completa dei composti organici, della respirazione di animali e vegetali, delle fermentazioni. E' poco solubile in acqua alla pressione ambiente ma la sua solubilità aumenta con la pressione: è presente in tutte le bibite gassate. Si trova in commercio allo stato liquido, compreso in bombole e anche allo stato solido (*ghiaccio secco*, così chiamato perchè, a differenza del ghiaccio, sublima senza fondere). Costituisce un sottoprodotto della fabbricazione della calce, dell'industria enologica, della birra, dell'alcole etilico. Del **biossido di silicio** SiO_2 si conoscono varie forme allotropiche; una di queste è il *quarzo*, cristallizzato nel sistema esagonale, molto duro, altofondente, incolore quando è puro, colorato quando contiene tracce di impurezze (ametista, calcedonio, agata, onice). La *farina fossile*, usata come abrasivo e adsorbente, è costituita da silice microcristallina e costituisce un avanzo fossile di microrganismi. Il biossido di silicio è inattaccabile dagli acidi, acido fluoridrico escluso, per formazione di tetracloruro di silicio, volatile ($\text{SiO}_2 + 4\text{HF} \rightarrow \text{SiF}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$). Il **biossido di stagno** SnO_2 è una polvere bianca usata nella produzione degli smalti. L' **ossido di piombo**, o *litargirio*, PbO , è una polvere rossa ed è usato nell'industria del vetro e delle ceramiche. Il **diossido di piombo** PbO_2 è una polvere bruna usata come ossidante. Il **minio** Pb_3O_4 , rosso, è usato come pigmento nelle vernici antiruggine.

L' **ossido di azoto(I)** o **protossido di azoto**, o *ossido nitroso*, è un gas che fu usato come anestetico (*gas esilarante*). L' **ossido di azoto(II)** è un gas incolore ma a contatto con l'ossigeno dell'aria diventa **ossido di azoto(IV)** o **diossido di azoto**, di colore rosso. Entrambi (indicati comunemente con NO_x) si trovano nei prodotti della combustione del carbone e dei derivati del petrolio e sono nocivi, provocando affezioni alle vie respiratorie.

Il **diossido di zolfo(IV)** o **anidride solforosa** SO_2 è un gas di odore pungente, solubile in acqua, tossico. Si trova nei prodotti della combustione dei carboni e dei derivati del petrolio e provoca affezioni alle vie respiratorie e alla pelle. Ad esso è dovuto il fenomeno delle *piogge acide*, potendo ossidarsi, nell'aria, ad anidride solforica da cui, con acqua, si forma acido solforico. Si commercia liquido, compresso in

bombole ma è importante soprattutto come intermedio nella produzione dell'acido solforico; si ottiene bruciando lo zolfo o le piriti.

7.4. Ossoacidi

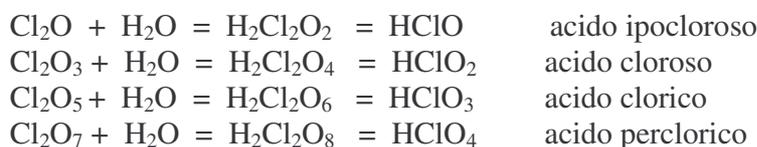
D. Gli *ossoacidi* sono composti ternari costituiti da molecole contenenti idrogeno, ossigeno ed un altro elemento. La loro formula, per i più semplici e importanti, si ricava sommando una formula dell'anidride ad una formula di acqua. Il nome di un ossoacido è quello dell'anidride da cui deriva.

Esempi. a) Il carbonio forma una sola anidride, l'anidride carbonica CO_2 . Da questa deriva un ossoacido, l'*acido carbonico*, la cui formula si ottiene facendo la somma:
 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{CO}_3$.

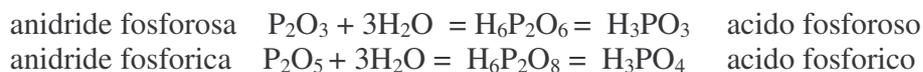
b) Lo zolfo forma due anidridi, l'anidride solforosa SO_2 e l'anidride solforica SO_3 . Da queste derivano:



3) Il cloro forma quattro anidridi, l'anidride ipoclorosa Cl_2O , l'anidride clorosa Cl_2O_3 , l'anidride clorica Cl_2O_5 e l'anidride perclorica Cl_2O_7 . Da esse derivano:

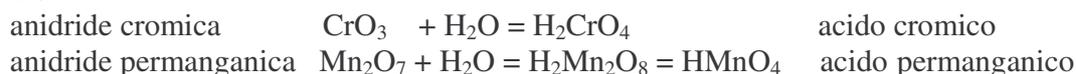


La regola suddetta non si applica alle *anidridi* del *fosforo*, dell'*arsenico*, dell'*antimonio* e del *boro*, i cui *principali* ossoacidi risultano sommando *una* formula di anidride con *tre* formule di acqua. Esempi.



Trovi le formule degli acidi cromico e permanganico.

R.



D. Trovi la formula dell'acido borico.

R. Il boro è trivalente e l'anidride borica ha la formula B_2O_3 , per cui $B_2O_3 + H_2O = H_2B_2O_4 = HBO_2$. La formula dell'acido borico è HBO_2 .

D. Ora cerchi la formula dell'acido borico in questo catalogo di prodotti chimici.

R. Trovo H_3BO_3 ...

D. Ha dimenticato le tre molecole di acqua; il procedimento esatto è: $B_2O_3 + 3H_2O = H_6B_2O_6 = H_3BO_3$.

Agli ossoacidi incontrati finora sono stati attribuiti i nomi tradizionali con le desinenze *-oso* e *-ico*; secondo la IUPAC, *tutti* gli ossoacidi hanno desinenza *-ico* e si denominano in base al numero degli atomi dell'elemento, di idrogeno (n.o. = + 1) e di ossigeno (n.o. = - 2) presenti nella formula. Nel nome dell'ossoacido, il numero di ossidazione dell'elemento (può anche essere un numero frazionario) si indica con numeri romani.

Tab. 7/5. Formule e denominazioni dei quattro ossoacidi del cloro.

	<i>nome IUPAC.</i>	<i>nome tradiz.</i>	<i>calcolo n.o.</i>	<i>n.o. Cl</i>
HClO	ac. ossoclorico(I)	ac. ipocloroso	- 2 + 1 = - 1	+ 1
HClO ₂	ac. diossoclorico(III)	ac. cloroso	- 4 + 1 = - 3	+ 3
HClO ₃	ac. triossoclorico(V)	ac. clorico	- 6 + 1 = - 5	+ 5
HClO ₄	ac. tetraossoclorico(VII)	ac. perclorico	- 8 + 1 = - 7	+ 7

La notazione IUPAC non è usata per gli ossoacidi più comuni. Vi sono però molti altri ossoacidi, derivanti formalmente da vere o ipotetiche anidridi; alcuni non sono stati isolati perchè troppo instabili, mentre si conoscono i loro sali. Particolarmente numerosi sono gli ossoacidi dello zolfo e dell'azoto: sono stati assegnati loro nomi fantasiosi che quasi sempre non danno nessuna indicazione sulla composizione. Per individuare questi acidi la notazione IUPAC è utilissima.

Assegni il nome IUPAC ai seguenti acidi poco comuni: acido iponitroso, $\text{H}_2\text{N}_2\text{O}_2$; acido nitrossilico, H_2NO_2 ; acido fosfinico o ipofosforico, H_3PO_2 ; acido ortoperiodico, H_5IO_6 ; acido trimetafosforico, $\text{H}_3\text{P}_3\text{O}_9$; acido dicromico, $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$.

R. $\text{H}_2\text{N}_2\text{O}_2$, acido diossodinitrico(I); H_2NO_2 , acido diossonitrico(II); H_3PO_2 , acido diossofosforico(I); H_5IO_6 , acido esaossoiodico(VII); $\text{H}_3\text{P}_3\text{O}_9$, acido enneaossotrifosforico(IV); $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, acido eptaossodicromico(VI).

Tab. 7/6. Denominazione IUPAC e tradizionale di acidi dello zolfo poco comuni.

<i>n.o.</i>		<i>nome IUPAC</i>	<i>nome tradizionale</i>
+ 1	$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_2$	ac. diossosolforico(I)	<i>ac. tiosolforoso</i>
+ 2	$\text{H}_2\text{S}_5\text{O}_6$	ac. esaossopentasolforico(II)	<i>ac. pentationico</i>
+ 2	H_2SO_2	ac. diossosolforico(II)	<i>ac. solfossilico</i>
+ 2	$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$	ac. triossosolforico(II)	<i>ac. iposolforoso</i>
+ 2,5	$\text{H}_2\text{S}_4\text{O}_6$	ac. esaossotetrasolforico(2,5)	<i>ac. tetrationico</i>
+ 3	$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_4$	ac. tetraossodisolforico(III)	<i>ac. iposolforoso o ditionoso</i>
+ 10/3	$\text{H}_2\text{S}_3\text{O}_6$	ac. esaossotrisolforico(10/3)	<i>ac. tritionico</i>
+ 4	$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_5$	ac. pentaossodisolforico(IV)	<i>ac. disolforoso o pirosoolforoso</i>
+ 5	$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_6$	ac. esaossodisolforico(V)	<i>ac. ditionico</i>
+6	$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$	ac. eptaossodisolforico(VI)	<i>ac. disolforico o pirosoolforico</i>

■ L' **acido perclorico** HClO_4 si trova in commercio in soluzione acquosa ed è un acido forte e un forte ossidante; a contatto con sostanze organiche può dar luogo a esplosioni..

L' **acido solforico** H_2SO_4 è uno dei prodotti chimici più usati nell'industria. L'acido solforico concentrato del commercio è una soluzione acquosa al 98 % m/m, pesante, viscosa, fortemente corrosiva. Si ottiene per ossidazione catalitica con aria dell'anidride solforosa e assorbimento in acqua dell'anidride solforica ($\text{SO}_2 + 0,5\text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$). L'anidride solforosa è ottenuta bruciando l'acido solfidrico ($\text{H}_2\text{S} + 1,5\text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$) o la pirite, un minerale di ferro ($2\text{FeS}_2 + 6,5\text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 + 4\text{SO}_2$).

L'**acido nitrico** HNO_3 è un acido molto forte e un forte ossidante; l'acido nitrico concentrato del commercio è una soluzione acquosa al 62-67 % m/m, corrosiva. E' largamente impiegato nell'industria organica e dei fertilizzanti e si ottiene dall'ammoniaca attraverso le reazioni: a) combustione dell'ammoniaca in aria, catalizzatore platino ($2\text{NH}_3 + 2,5\text{O}_2 \rightarrow 3\text{H}_2\text{O} + 2\text{NO}$); b) ossidazione dell'ossido di azoto a diossido ($\text{NO} + 0,5\text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_2$); c) assorbimento in acqua del diossido di azoto ($3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$; l'ossido di azoto sviluppato torna in ciclo). L' **acido fosforico** H_3PO_4 forma cristalli bianchi deliquescenti; in commercio si trovano soluzioni acquose concentrate, viscoso. Trova applicazione nell'industria dei fertilizzanti.

Gli **acidi silicici** $\text{H}_m\text{Si}_n\text{O}_o$ sono numerosi e si considerano, per semplificare, composti aventi formula generale $m\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (es: $\text{H}_2\text{SiO}_3 = \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, acido metasilicico; $\text{H}_4\text{SiO}_4 = \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, acido ortosilicico; $\text{H}_4\text{Si}_3\text{O}_8 = 3\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, acido trisilicico).

L'**acido borico** H_3BO_3 è un solido cristallino, usato nell'industria vetraria insieme al *borace* (un suo sale, sodio eptaossotetaborato, $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$). Si trova nei soffioni boriferi di Larderello, da cui si estrae dopo avere utilizzato la loro energia in una centrale elettrica.

7.5. Aggruppamenti atomici - L'idrossile

D. In chimica rivestono particolare importanza gli aggruppamenti atomici, gruppi di atomi che risultano, *sulla carta*, sottraendo atomi o gruppi di atomi alla formula di un composto chimico; non esistono liberi, o hanno vita brevissima, ed alcuni caratterizzano la struttura di certe classi di composti.

Un importante aggruppamento atomico è l'*idrossile* OH, risultante *formalmente* dall'acqua per sottrazione di un atomo di idrogeno (i trattini, per il momento, indicano le valenze)



L'ossigeno è bivalente, l'idrogeno è monovalente e l'idrossile, considerato come un tutto unico, è *monovalente*. L'idrossile è presente in numerosi composti inorganici (es. ossoacidi e idrossidi) e organici (es. alcoli e fenoli). Negli idrossidi e nelle soluzioni acquose delle basi, come vedremo in seguito, è presente come *ione idrossido* OH⁻.

7.6. Idrossidi

D. Gli idrossidi sono composti ionici ternari risultanti dall'unione di un catione con uno o più ioni idrossido OH⁻. I cationi monovalenti formano idrossidi CatOH, i cationi bivalenti idrossidi Cat(OH)₂ e i cationi trivalenti idrossidi Cat(OH)₃. Così ad esempio, il sodio Na⁺ forma l'idrossido di sodio NaOH; il magnesio Mg²⁺ forma l'idrossido di magnesio Mg(OH)₂; l'alluminio Al³⁺ forma l'idrossido di alluminio Al(OH)₃.

Scriva le formule degli idrossidi di litio, calcio, ferro(II) e ferro(III).

R. LiOH, Ca(OH)₂, Fe(OH)₂, Fe(OH)₃.

R. Che cosa sono gli alcali caustici?

D. Sono gli idrossidi di potassio KOH (potassa caustica), di sodio NaOH (soda caustica), di calcio Ca(OH)₂ (calce idrata), di bario Ba(OH)₂ (barite caustica) e l'ammoniaca NH₃, corrosivi. L'aggettivo deriva dal greco *kaustikós*, bruciante, e non indica, come alcuni studenti credono, base

forte. Sono caustici anche gli acidi forti e alcuni acidi deboli, come ad esempio l'acido fluoridrico e l'acido formico.

Tab. 7/7. Alcuni idrossidi

Gr.	el.	n.o.		nome IUPAC	nome tradizionale
1	Na	+1	NaOH	idrossido di sodio	soda caustica
	K	+1	KOH	idrossido di potassio	potassa caustica
2	Mg	+2	Mg(OH) ₂	idrossido di magnesio	magnesia idrata
	Ca	+2	Ca(OH) ₂	idrossido di calcio	calce idrata
	Ba	+2	Ba(OH) ₂	idrossido di bario	barite caustica
6 d	Cr	+3	Cr(OH) ₃	idrossido di cromo	
7 d	Mn	+2	Mn(OH) ₂	idrossido di manganese	
8 d	Fe	+2	Fe(OH) ₂	idrossido di ferro(II)	idrossido ferroso
		+3	Fe(OH) ₃	idrossido di ferro(III)	idrossido ferrico
12 d	Zn	+2	Zn(OH) ₂	idrossido di zinco	
13	Al	+3	Al(OH) ₃	idrossido di alluminio	allumina idrata
14	Sn	+2	Sn(OH) ₂	idrossido di stagno	
	Pb	+2	Pb(OH) ₂	idrossido di piombo	

■ L' **idrossido di sodio** o **soda caustica** NaOH è una sostanza bianca molto solubile in acqua, corrosiva, da cui il nome. E' una base forte e le sue soluzioni acquose sono usate nelle industrie chimica, tessile, cartaria, petrolifera, ecc. Si prepara per elettrolisi delle soluzioni acquose di sodio cloruro. L' **idrossido di potassio** o **potassa caustica** KOH ha le stesse proprietà dell'idrossido di sodio ma è meno usato perchè più costoso.

L' **idrossido di magnesio** Mg(OH)₂ è una polvere bianca poco solubile in acqua; il *latte di magnesia*, usato in terapia e in alcune industrie, è una sospensione acquosa di Mg(OH)₂. L' **idrossido di calcio** o **calce idrata** Ca(OH)₂, polvere bianca poco solubile in acqua, è un materiale da costruzione ma si impiega anche nell'industria chimica e in agricoltura e per la correzione dei terreni troppo acidi. L' *acqua di calce* è una soluzione satura di Ca(OH)₂; il *latte di calce* una sospensione acquosa di Ca(OH)₂. L' **idrossido di bario** o **barite caustica** Ba(OH)₂ si usa nei laboratori e in un processo di estrazione dello zucchero dal melasso.

L' **idrossido di alluminio** o **allumina idrata** Al(OH)₃ è una polvere bianca; per il suo potere adsorbente si usa nei processi di chiarificazione delle acque e nell'analisi cromatografica.

7.7. Acili

D. Gli *acili* sono aggruppamenti atomici che risultano, *sulla carta*, sottraendo uno o più idrossili alla formula di un ossoacido. Non esistono allo stato libero ma alcuni di essi hanno un nome derivante da quello dell'ossoacido, con desinenza *-ile*. Per trovare la loro formula si scrive quella dell'ossoacido mettendo in evidenza gli idrossili presenti nella sua formula ma attenzione: *non sempre il numero degli idrossili corrisponde a quello degli atomi di idrogeno*.

Esempi. a) Dall'acido nitroso HNO_3 , che si può scrivere ON—OH , deriva l'aggruppamento monovalente ON— (*nitrosile*). b) Dall'acido nitrico HNO_3 , ovvero $\text{O}_2\text{N—OH}$, deriva l'aggruppamento monovalente $\text{O}_2\text{N—}$ (*nitroile*). c) Dall'acido fosforico H_3PO_4 derivano tre acili; quello derivante togliendo formalmente tre idrossili all'acido fosforico OP(OH)_3

ha la formula $\begin{array}{c} | \\ \text{OP—} \\ | \end{array}$, è trivalente e si chiama *fosforile*.

Vorrebbe scrivere le formule e denominare gli acili risultanti formalmente togliendo tutti gli idrossili agli acidi cloroso, clorico, perclorico, cromatico H_2CrO_4 , uranico H_2UO_4 , vanadico H_3VO_4 ?

R. ClO— , clorosile; $\text{O}_2\text{Cl—}$, clorile; $\text{O}_3\text{Cl—}$, perclorile; $\text{—CrO}_2\text{—}$, cromile; $\text{—UO}_2\text{—}$, uranile; —VO— , vanadile.

Tab. 7/8. Acili degli acidi solforoso, solforico e carbonico.

Acido.		acili monov.		acili biv.	
HO—SO—OH	solforoso	HO—SO—	solfofile	—SO—	tionile
$\text{HO—SO}_2\text{—OH}$	solforico	$\text{HO—SO}_2\text{—}$	solfonile	$\text{—SO}_2\text{—}$	solforile
HO—CO—OH	carbonico	HO—CO—	carbossilile	—CO—	carbonile

7.8. Ammidi

D. Sono composti derivanti dagli ossoacidi; le loro formule si ricavano per sostituzione formale di uno o più idrossili di un acido con aggruppamenti monovalenti —NH_2 .

Tab. 7/9. Ammidi degli acidi carbonico e solforico

Acido	monoammidi	diammidi
HO—CO—OH ac. carbonico	HO—CO—NH_2 ac. carbammico	$\text{H}_2\text{N—CO—NH}_2$ carbammide o urea
$\text{HO—SO}_2\text{—OH}$ ac. solforico	$\text{HO—SO}_2\text{—NH}_2$ ac. solfammico	$\text{H}_2\text{N—SO}_2\text{—NH}_2$ solfammide

7.9. Reazioni chimiche

D. Iniziamo ora a parlare delle reazioni chimiche, trasformazioni che implicano un cambiamento della composizione di una o più sostanze. In altri termini, una reazione chimica è un fenomeno in cui si spezzano dei legami chimici tra atomi e si stabiliscono nuovi legami.

In una reazione chimica, da una o più sostanze (*reagenti*) si formano una o più sostanze diverse (*prodotti*).

Nella rappresentazione grafica di una reazione, reagenti e prodotti sono separati da una freccia che indica il senso in cui decorre la reazione stessa.

In una reazione chimica *la somma delle masse dei prodotti è uguale alla somma delle masse dei reagenti*. È questa la *legge della conservazione della materia*, dovuta al chimico francese Antoine-Laurent Lavoisier (1743-1794, ghigliottinato durante il Terrore; sono famose le parole pronunciate da un giudice: «La République n'a pas besoin des savants»).

Questa legge non è rigorosamente valida; tuttavia, alle relativamente piccole variazioni di energia che accompagnano una reazione chimica sono associate variazioni di massa tanto piccole da diventare trascurabili.

Esempio. Volendo calcolare la diminuzione della massa durante la combustione di 1 kg di carbone, in cui si sviluppano ottomila kilocalorie, equivalenti a $3,4 \cdot 10^4$ kJ, applicando l'equazione di Einstein $E = m c^2$ si ottiene $m = E/c^2 = 3,4 \cdot 10^7 \text{ J} / (3 \cdot 10^8)^2 \text{ m s}^{-1} = 3,8 \cdot 10^{-10} \text{ kg}$, una quantità trascurabile.

Le variazioni della massa non diventano più trascurabili in una reazione nucleare, come vedremo.

Nelle reazioni chimiche il nucleo degli atomi non è coinvolto per cui nei prodotti vi sono gli stessi atomi dei reagenti. In altre parole, i numeri atomici e i numeri di massa degli atomi non variano da reagenti a prodotti. Per questo motivo nelle reazioni chimiche le variazioni dell'energia sono relativamente modeste, non oltre quattromila kilojoule alla mole.

Le principali reazioni chimiche si classificano in: *protolisi*, *precipitazione*, *complessazione*, *ossidazione*, sulle quali ci soffermeremo a lungo. Nelle prime tre non si verificano scambi di elettroni; nell'ultima si verificano scambi di elettroni.

Dopo aver scritto le formule dei reagenti e quelle dei prodotti, una reazione deve essere *bilanciata*, assegnando dei coefficienti alle formule, in modo che il numero totale degli atomi delle sostanze che si trovano a sinistra della freccia sia uguale al numero totale degli atomi delle sostanze che si trovano a destra.

Una classificazione puramente formale delle reazioni chimiche è la seguente: *sintesi, decomposizione, sostituzione e doppia sostituzione*.

* *Sintesi*. E' una reazione in cui da due sostanze A e B si forma un composto AB.

Esempi. a) La reazione di sintesi $\text{Fe} + \text{S} \rightarrow \text{FeS}$ informa che un atomo di ferro reagisce con un atomo di zolfo ed il prodotto è una formula di ferro solfuro. La reazione è automaticamente bilanciata. b) La reazione di sintesi $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{HCl}$ informa che una molecola biatomica di idrogeno reagisce con una molecola biatomica di cloro ed il prodotto è il cloruro di idrogeno HCl, un composto costituito da molecole. La reazione non è però bilanciata ma lo diventa assegnando coefficiente 2 alla formula del cloruro di idrogeno: $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{HCl}$. La reazione è ora bilanciata; vi sono due atomi di idrogeno a sinistra e a destra della freccia e due atomi di cloro a sinistra e a destra della freccia. La traduzione in parole della reazione è: quando una molecola di idrogeno (biatomico) reagisce con una molecola di cloro (biatomico) si ottengono *due* molecole di cloruro di idrogeno. c) La reazione di sintesi dell'ammoniaca NH_3 , un composto costituito da molecole, è: $\text{N}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{NH}_3$. Per bilanciarla, poichè vi sono 3 atomi di idrogeno a destra della freccia e due atomi a sinistra si deve assegnare coefficiente 2 all'ammoniaca e coefficiente 3 all'idrogeno: $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$. In questo modo anche gli atomi di azoto risultano bilanciati. La traduzione in parole è: nella reazione tra una molecola di azoto (biatomico) e tre molecole di idrogeno (biatomico) si ottengono due molecole di ammoniaca.

R. Quale differenza intercorre tra sinterizzazione e sintetizzazione?

D. Anche se i nomi differiscono soltanto per una lettera, sono due processi industriali molto diversi: uno fisico e l'altro chimico. La *sinterizzazione* (dall'inglese *to sinter*, diventare massa solida) è un «trattamento termico che determina la coesione dei granuli di una polvere allo scopo di ottenere pezzi aventi caratteristiche fisico-meccaniche prestabilite» (UNI 4878).

La *sintetizzazione* o, più semplicemente, *sintesi* (dal greco *synthesis*, composizione) in senso stretto, come abbiamo appena visto, è la produzione di un composto dagli elementi che lo costituiscono. Si parla di sintesi anche quando il chimico edifica, mattone per mattone, attraverso la formazione di prodotti intermedi, una sostanza complessa partendo da sostanze più semplici. Così ad esempio, le materie prime per la sintesi della poliammide 6 (policaprolattame, una tecnofibra) sono gas petroliferi; le tappe sono benzene → fenolo → cicloesano → cicloesanone → cicloesanonossima → caprolattame → policaprolattame. Ma continuiamo con la nostra classificazione delle reazioni chimiche.

* *Decomposizione o dissociazione*. E' una reazione in cui un composto si scinde formando due o più sostanze diverse.

Esempi. a) Il calcio carbonato CaCO_3 , riscaldato, forma ossido di calcio e diossido di carbonio: $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$. La reazione è già bilanciata. b) Il tetrossido di diazoto, riscaldato, si scinde formando diossido di azoto: $\text{N}_2\text{O}_4 \rightarrow \text{NO}_2$. Per il bilanciamento basta porre coefficiente 2 al prodotto della reazione: $\text{N}_2\text{O}_4 \rightarrow 2\text{NO}_2$.

* *Sostituzione*. E' una reazione del tipo $\text{A} + \text{BC} \rightarrow \text{AC} + \text{B}$.

Esempio. Inviando cloro (biatomico) in una soluzione di potassio ioduro (KI), si forma potassio cloruro (KCl) e si libera iodio (biatomico); il cloro sostituisce lo iodio nel composto: $\text{Cl}_2 + \text{KI} \rightarrow \text{KCl} + \text{I}_2$. Per bilanciare la reazione basta mettere coefficiente 2 al potassio ioduro e al potassio cloruro: $\text{Cl}_2 + 2\text{KI} \rightarrow 2\text{KCl} + \text{I}_2$.

* *Doppia sostituzione*. E' una reazione del tipo $\text{AB} + \text{CD} \rightarrow \text{AC} + \text{BD}$.

Esempi. a) L'idrossido di sodio (NaOH) reagisce con l'acido cloridrico (HCl) formando sodio cloruro (NaCl) e acqua: $\text{NaOH} + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$. Si tratta di una reazione di doppia sostituzione, già bilanciata.

b) L'ossido di magnesio (MgO) reagisce con acido cloridrico (HCl) formando magnesio cloruro (MgCl_2) e acqua: $\text{MgO} + \text{HCl} \rightarrow \text{MgCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$. Per bilanciare la reazione basta mettere coefficiente 2 all'acido cloridrico: $\text{MgO} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{MgCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$.

Ora provi a bilanciare le seguenti reazioni, anche se al momento molte le appariranno incomprensibili:

D.	R.
$\text{CO} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{COCl}_2$	Già bilanciata
$\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_2$	$\text{NO} + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_2$
$\text{Al} + \text{S} \rightarrow \text{Al}_2\text{S}_3$	$2\text{Al} + 3\text{S} \rightarrow \text{Al}_2\text{S}_3$
$\text{P}_2\text{O}_5 + \text{CaO} \rightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	$\text{P}_2\text{O}_5 + 3\text{CaO} \rightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
$\text{PCl}_5 \rightarrow \text{PCl}_3 + \text{Cl}_2$	Già bilanciata
$\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$	$\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \frac{1}{2}\text{O}_2$
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \rightarrow \text{Al}^{3+} + \text{SO}_4^{2-}$	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \rightarrow 2\text{Al}^{3+} + 3\text{SO}_4^{2-}$
$\text{KClO}_3 \rightarrow \text{KCl} + \text{O}_2$	$2\text{KClO}_3 \rightarrow 2\text{KCl} + 3\text{O}_2$
$\text{Al} + \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{AlPO}_4 + \text{H}_2$	$2\text{Al} + 2\text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow 2\text{AlPO}_4 + 3\text{H}_2$
$\text{Al} + \text{CuCl}_2 \rightarrow \text{AlCl}_3 + \text{Cu}$	$2\text{Al} + 3\text{CuCl}_2 \rightarrow 2\text{AlCl}_3 + 3\text{Cu}$
$\text{ZnO} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$	Già bilanciata
$\text{AlCl}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{HCl}$	$2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{HCl}$
$\text{C}_6\text{H}_6 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_4(\text{SO}_3\text{H})_2 + \text{H}_2\text{O}$	$\text{C}_6\text{H}_6 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_4(\text{SO}_3\text{H})_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
$\text{NH}_3 + \text{O}_2 \rightarrow \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$	$2\text{NH}_3 + 2,5\text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO} + 3\text{H}_2\text{O}$

Per le reazioni un poco più complesse occorre soltanto un poco di pazienza. Un suggerimento: «conti» per ultimi gli atomi delle sostanze che compaiono in più reagenti o prodotti. Così ad esempio, dovendo bilanciare la reazione $\text{C}_4\text{H}_{10} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ si procederà per gradi. Un primo passo è: $\text{C}_4\text{H}_{10} + \text{O}_2 \rightarrow 4\text{CO}_2 + 5\text{H}_2\text{O}$. Ora a destra vi sono 13 atomi di O per cui $\text{C}_4\text{H}_{10} + 6,5\text{O}_2 \rightarrow 4\text{CO}_2 + 5\text{H}_2\text{O}$.