

La tavola periodica

1. Introduzione

La sistematica chimica si interessa delle **proprietà chimiche** di tutti gli elementi presenti in natura e di quelli prodotti artificialmente.

Lo studio che effettua è **sistematico**, nel senso che raggruppa gli atomi aventi caratteristiche comuni organizzandoli nella cosiddetta **tavola periodica** (FIGURA 1).

La tavola periodica, introdotta per primo da Mendeleev nel 1869, è una tabella in cui vengono raggruppati tutti gli elementi in righe e colonne.

Le righe orizzontali vengono chiamate **periodi**. Il numero d'ordine (1, 2, 3, 4 ecc.) di ogni periodo rappresenta il numero quantico principale **n** del guscio elettronico esterno degli elementi dello stesso periodo. Ad esempio, se prendiamo in considerazione il terzo periodo, il numero quantico principale del guscio esterno corrispondente è il 3:

Na ($3s^1$); **Mg** ($3s^2$); **Al** ($3s^23p^1$); **Si** ($3s^23p^2$); **P** ($3s^23p^3$); **S** ($3s^23p^4$) ecc.

Le colonne verticali vengono chiamate gruppi. I **gruppi** possono essere di tipo **A** e di tipo **B**.

I gruppi di tipo **A** vanno dal gruppo **I A** al gruppo **VIII A** (detto anche gruppo 0).

I gruppi I A e II A si trovano alla sinistra della tavola, mentre i gruppi che vanno dal III A al VIII A si trovano a destra.

PERIODO	GRUPPO																SOLIDO			LIQUIDO			GASSOSO			VIII A (gas nobili)
	IA	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA	IB	IIB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA	IB	IIB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA		
1	1 H																							2 He		
2	3 Li	4 Be									5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne										
3	11 Na	12 Mg									13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar										
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr								
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe								
6	55 Cs	56 Ba	57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn								
7	87 Fr	88 Ra	89 Ac	Elementi di transizione interna																						
				58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu									
				Lantanidi	Cerio	Praseodimio	Neodimio	Promezio	Samario	Europio	Gadolinio	Terbio	Disprosio	Olmio	Erbio	Tulio	Itterbio	Lutezio								
				Attinidi	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr								
					Torio	Protoattinio	Uranio	Nettunio	Plutonio	Americio	Curio	Berkelio	Californio	Einsteinio	Fermio	Mendelevio	Nobelio	Laurenzio								

FIGURA 1 Moderna tavola periodica

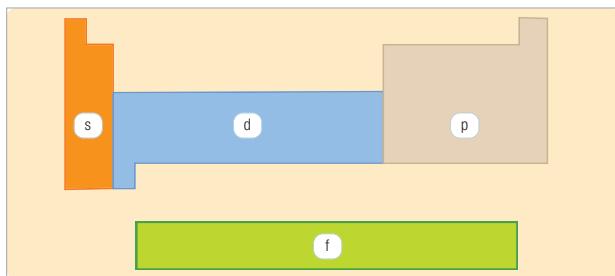


FIGURA 2 Suddivisione in blocchi della tavola periodica

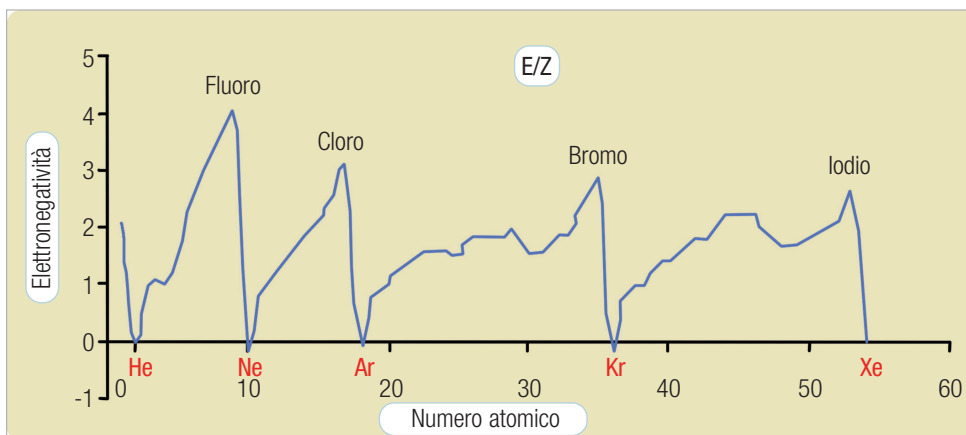


FIGURA 3 Il grafico mostra la variazione dell'elettronegatività all'aumentare del numero atomico

La parte centrale è occupata da 10 colonne che compongono i gruppi dal **I B** al **VIII B**. Come si può notare dalla **FIGURA 1** l'ordine dei gruppi B non è crescente, in quanto il numero del gruppo è dato dallo stato di ossidazione caratteristico degli elementi.

Gli elementi dei gruppi B vengono anche detti **metalli di transizione**. Nella parte inferiore della tavola periodica si trovano due periodi esterni, composti da 14 elementi ciascuno, detti rispettivamente **Lantanidi** e **Attinidi**.

Gli elementi degli Attinidi e dei Lantanidi vengono anche detti **metalli di transizione interna**.

Gli elementi riportati nella tavola periodica di **FIGURA 1** sono 103, anche se alcune tavole ne contengono 106.

Gli elementi vengono classificati in: **metalli**, **semimetalli** o **metalloidi** e **non metalli**.

La tavola periodica, inoltre, può essere divisa in **blocchi (s, p, d e f)**, in funzione del riempimento dell'orbitale più esterno (**FIGURA 2**).

La divisione in blocchi della tavola periodica mette in evidenza ulteriormente che la reattività chimica di un elemento, come abbiamo già visto, è caratterizzata dalla configurazione del guscio esterno.

La tavola periodica è stata organizzata in

modo tale da offrire una rapida ed esauriente lettura delle informazioni sui vari elementi.

Gli atomi così disposti mostrano andamenti particolari delle loro caratteristiche fisiche: le cosiddette **proprietà periodiche**. Il grafico della **FIGURA 3** mette in evidenza la variazione dell'elettronegatività al variare del numero atomico. Si nota che gli atomi più elettronegativi sono gli alogeni e quelli meno elettronegativi, dopo i gas nobili (che hanno elettronegatività nulla), sono i metalli alcalini del gruppo I A.

Quindi l'elettronegatività aumenta procedendo da sinistra a destra lungo il periodo.

Si può notare inoltre come l'elettronegatività degli alogeni diminuisca dal fluoro allo iodio, dunque diminuisce procedendo dall'alto verso il basso lungo il gruppo (ricordiamo che l'elettronegatività è la capacità di un elemento di attrarre su di sé carica negativa: gli elettroni).

Il grafico di **FIGURA 3** ci indica anche come varia il **carattere metallico** di un elemento, inteso quale insieme delle proprietà peculiari proprie dei metalli:

- bassa elettronegatività;
- predisposizione a formare ioni positivi;
- carattere basico degli ossidi metallici (in acqua producono idrossidi o basi come **LiOH**, **NaOH**, **KOH** ecc.).

Dal carattere metallico di un elemento possiamo stabilire facilmente a grandi linee la chimica dello stesso. Tale carattere diminuisce scorrendo gli elementi da sinistra a destra per periodi, mentre aumenta scorrendo gli elementi dall'alto al basso per gruppi.

Gli alogeni, ad esempio, che si trovano a destra nella tavola periodica hanno carattere non metallico che comporta:

- elevata elettronegatività;
- predisposizione a formare ioni negativi;
- carattere acido dei loro ossidi (in acqua producono acidi come **HClO**, **HClO₂**, **HClO₃**, **HClO₄**).

Altri indicatori importanti delle caratteristiche chimiche di un elemento sono il **potenziale di ionizzazione** e l'**affinità elettronica**. Come abbiamo già visto nel Percorso relativo alla struttura atomica, il potenziale di ionizzazione è l'energia che serve a strappare un elettrone a un atomo, mentre l'affinità elettronica è l'energia che libera l'elemento quando acquista un elettrone.

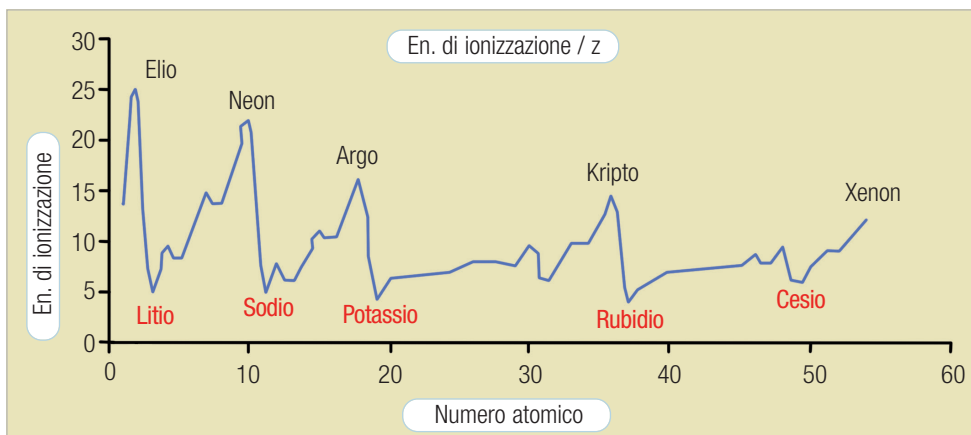


FIGURA 4 Il grafico mostra la variazione dell'energia di prima ionizzazione all'aumentare del numero atomico

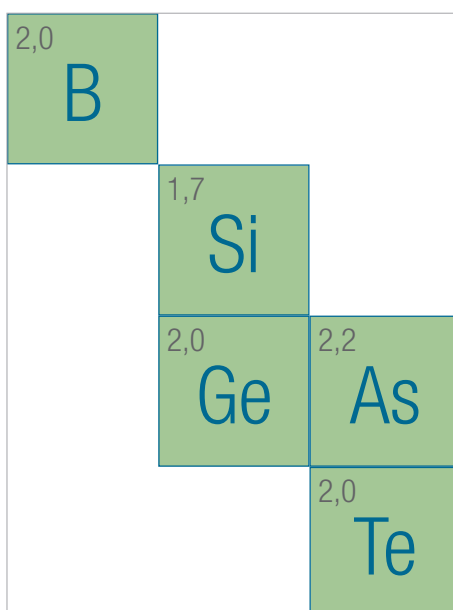


FIGURA 5 Elettronegatività dei semimetalli (proprietà diagonali)

periodica hanno un andamento caratteristico: aumentano da sinistra a destra nei periodi e diminuiscono verticalmente nei gruppi.

In **FIGURA 4** è mostrata la variazione dell'energia di prima ionizzazione in funzione del numero atomico.

Il **potenziale di ionizzazione** e l'**affinità elettronica** sono concetti collegati all'elettronegatività. Facciamo qualche esempio:

- un elemento come un metallo alcalino (**Li, Na, K**) ha un basso potenziale di ionizzazione (diventa facilmente catione o ione positivo), una bassa affinità elettronica (non può diventare anione o ione negativo) e ovviamente ha una bassa elettronegatività;
- un elemento come un alogeno (**F, Cl, Br, I**) ha un alto potenziale di ionizzazione (diventa difficilmente catione o ione positivo), ha un'elevata affinità elettronica (diventa con facilità anione o ione negativo) e ovviamente ha un'alta elettronegatività.

Vi sono però degli elementi che hanno proprietà intermedie tra i metalli e i non metalli. Questi elementi sono il boro (**B**), il silicio (**Si**), il germanio (**Ge**), l'arsenico (**As**) e il tellurio (**Te**) e occupano i gruppi III A, IV A e V A. Come possiamo vedere dalla **FIGURA 5** hanno valori di elettronegatività intermedi tra i metalli alcalini e gli alogeni e da ciò deriva un comportamento chimico anch'esso intermedio. La **FIGURA 5** evidenzia come i non metalli non appartengano tutti allo stesso gruppo ma si trovino, nella tavola periodica, in una sorta di diagonale. Per questo motivo le caratteristiche comuni (potenziale di ionizzazione, affinità elettronica ecc.) di questi elementi sono dette **proprietà diagonali**.

2. Origine degli elementi

Le teorie più avanzate ritengono che gli elementi abbiano avuto ed abbiano tuttora origine dalle reazioni nucleari che avvengono nelle stelle.

Da calcoli effettuati dagli astro-fisici si stima che l'universo sia composto per circa il 93% da idrogeno (**H**), mentre il rimanente 7% è quasi tutto elio (**He**). Tutti gli altri elementi sono compresi in una percentuale inferiore all'1%.

Si ritiene che prima dell'esplosione primordiale, famosa col nome di «big bang», l'universo fosse una sfera di protoni e neutroni molto densa e calda, che ad un certo punto della storia esplose con una violenza difficilmente concepibile.

L'esplosione espanse rapidamente il protouniverso provocando il suo raffreddamento; i protoni liberati iniziarono fondere, formando così il **deuterio**:

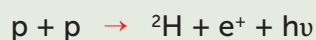


FIGURA 6 Le stelle, fucine di atomi

Le reazioni di fusione nucleare si realizzano quando, a temperature elevatissime (dell'ordine dei milioni di gradi centigradi), si trovano a stretto contatto gli atomi leggeri. Questi ultimi si uniscono (fondono) formando atomi più pesanti. La reazione, una volta innescata, si autoalimenta con l'energia prodotta. Gli atomi di idrogeno prodotti dalla fusione più elementare divengono a loro volta combustibile nucleare per altre reazioni, che portano alla formazione di atomi sempre più pesanti, fino alla formazione del ferro (^{56}Fe). Gli elementi più pesanti del ferro vengono prodotti per la cattura di neutroni da parte dei nuclei che successivamente decadono in protoni, innalzando così il numero atomico e di fatto formando nuovi atomi.

3. Gruppo I A. Idrogeno e metalli alcalini

Il gruppo I A comprende l'**idrogeno (H)**, che è un gas, il **litio (Li)**, il **sodio (Na)**, il **potassio (K)**, il **rubidio (Rb)**, il **cesio (Cs)** e il **francio (Fr)**.

L'**idrogeno (^1H)** è l'elemento più abbondante nell'universo, è un gas, ed è anche l'atomo più leggero (è composto da un protone e un elettrone). In natura esiste sotto forma molecolare H_2 , coabita con i suoi due isotopi **deuterio (^2H)** e **trizio (^3H)**.

Fu identificato per primo da **Cavendish** nel 1766. Il nome idrogeno, assegnatogli nel 1783 da **Lavoisier**, deriva dal greco *hydro* (acqua) e *genes* (formare), cioè significa letteralmente «formatore di acqua».

Il composto dell'idrogeno più diffuso sul nostro pianeta è l'**acqua (H_2O)**, ma questo elemento è presente negli acidi (H_2SO_4 , HNO_3 , HCl ecc.), negli idrossidi (**NaOH**, **KOH** ecc.), negli idruri (**NaH**, **KH** ecc.) e nei composti organici (CH_4 , HCHO , CH_3COOH ecc.).

Inoltre l'idrogeno forma anche un perossido: H_2O_2 , l'**acqua ossigenata**, usata comunemente come disinfettante.

La valenza caratteristica dell'idrogeno e di tutti gli elementi del primo gruppo è **+1**, ma l'idrogeno forma con i metalli più elettropositivi gli idruri e in questo tipo di composti la valenza è **-1**.

Il **litio (FIGURA 7)** fu scoperto da **Arfvedson** nel 1817. Il suo nome deriva dal greco *lithos* che significa «pietra».

Il **sodio metallico (FIGURA 8)** fu isolato nel 1807 da **Davy**. Il simbolo (Na) deriva dal nome latino dell'elemento, *natrium*, che a sua volta deriva dal *natron*, nome latino del carbonato sodico decaidrato ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$). Il nome sodio deriva dal nome inglese sempre del carbonato sodico (Na_2CO_3): **soda**.

Il **potassio metallico (FIGURA 9)** fu anch'esso isolato nel 1807 da **Davy**. Il simbolo (**K**) deriva dal latino *kalium*, che a sua volta deriva dal nome arabo dei composti del sodio e del potassio: alcali. Il nome potassio invece deriva da un suo composto: la **potassa (K_2CO_3)**.

Il **litio**, il **sodio** e il **potassio** si trovano in natura allo stato ionico con carica +1, sono sali molto solubili in acqua, non si trovano naturalmente in forma elementare (atomica) poiché il loro basso potenziale di ionizzazione fa sì che questi elementi si ossidino subito. Gli atomi si possono produrre artificialmente ma si devono tenere sotto petrolio per evitare il contatto con l'ossigeno atmosferico.

La reazione dei metalli alcalini con l'ossigeno è fortemente esotermica, quindi molto pericolosa, specialmente in presenza di acqua. Per questo motivo bisogna fare molta attenzione a manipolare queste sostanze.



FIGURA 7 Litio metallico

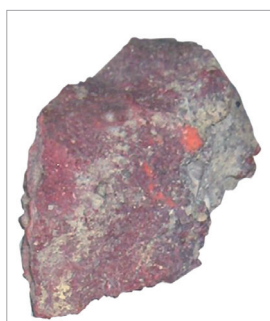


FIGURA 8 Sodio metallico



FIGURA 9 Potassio metallico

I composti del litio, del sodio e del potassio prodotti diffusamente dall'industria sono gli **idruri** (LiH , NaH , KH), gli **ossidi** (Li_2O) i **perossidi** (Na_2O_2), i **super ossidi** (KO_2), i **carbonati** (Na_2CO_3), i **nitrati** (KNO_3), gli **idrossidi** (NaOH).

Rubidio e **cesio** sono metalli rari, in quanto presenti in bassissime percentuali nella litosfera.

Gli impieghi dei metalli alcalini sono molteplici, ci limitiamo pertanto a fare qualche esempio:

- il litio viene impiegato per indurire le leghe di alluminio;
- il sodio viene impiegato come idrossido in una numerosa varietà di preparazioni industriali;
- il potassio (come del resto anche il sodio) è importante per l'equilibrio salino di tutti gli esseri viventi;
- le leghe sodio-potassio vengono utilizzate come liquido refrigerante nelle centrali atomiche;
- rubidio e cesio vengono impiegati nelle celle fotovoltaiche.

4. Gruppo II A. I metalli alcalino terrosi

Il gruppo II A è composto dai seguenti elementi: **berillio (Be)**, **magnesio (Mg)**, **calcio (Ca)**, **stronzio (Sr)**, **bario (Ba)** e **radio (Ra)**.



FIGURA 10 Berillio metallico

Il **berillio** metallico (FIGURA 10) fu prodotto per la prima volta da **Wöhler** e **Bussy** indipendentemente l'uno dall'altro nel 1828; il nome deriva dal minerale da cui si estrae: il berillo. Il berillio veniva chiamato anche glucinio, dal greco *glycýs*, «dolce», poiché i suoi sali hanno un sapore dolce.

Il **magnesio** metallico fu isolato nel 1831 da **Bussy**; il nome deriva dalla località Magnesia in Tessaglia (Grecia), dove si trovano i minerali del metallo.

Il **calcio** metallico fu isolato nel 1808 da **Davy** e **Berzelius**; il nome deriva dal latino *calx*.

Lo **stronzio** metallico fu prodotto per la prima volta da **Davy**; il nome deriva dal minerale da cui si estrae: la stronzianite, che a sua volta deriva il nome dalla località scozzese di Strontian dove vi sono giacimenti del minerale.

Il **bario** metallico fu isolato nel 1808 da **Davy**. Il nome assegnatogli nel 1774 da **Scheele** deriva dal greco *barys*, che significa «pesante», poiché l'ossido di bario è molto più denso della calce (ossido di calcio).

Il **radio** metallico è un elemento radioattivo: emette naturalmente particelle (raggi) alfa. Fu prodotto per la prima volta nel 1898 dai coniugi Curie, i quali gli assegnarono il nome derivandolo dal latino *radium*, che significa «raggio».

I metalli alcalino terrosi si trovano in natura sotto forma di composti come i minerali **magnesite** (MgCO_3), **calcite** (CaCO_3), **celestina** (SrSO_4) e **barite** (BaSO_4). Formano ioni stabili portanti due cariche positive poiché, perdendo due elettroni, raggiungono la configurazione elettronica del gas nobile che li precede.

Questi gli impieghi più comuni:

- prodotti per l'edilizia (**calce**, **cemento** e **solfo di calcio**);
- il **cloruro di calcio** viene utilizzato come sbiancante;
- il **bisolfito di calcio** [$\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$] viene impiegato nella fabbricazione della carta;
- il **carburo di calcio** CaC_2 è usato nella produzione di concimanti azotati per l'agricoltura;
- il **solfo di bario** è un pigmento per le vernici, ma viene anche impiegato come mezzola di contrasto nelle radiografie all'addome;
- il **magnesio** si impiega nella produzione delle leghe leggere.

5. Gruppo III A

Il terzo gruppo A è composto dai seguenti elementi: **boro (B)**, **alluminio (Al)**, **gallio (Ga)**, **indio (In)** e **tallio (Tl)**.

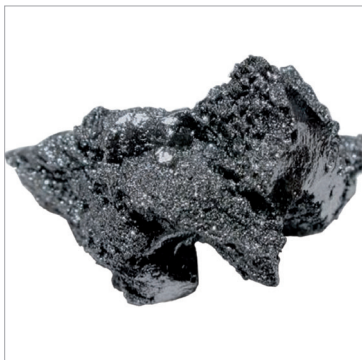


FIGURA 12 Boro elementare



FIGURA 13 Lingotti metallici di alluminio

Il **boro** metallico (FIGURA 12) fu prodotto per la prima volta nel 1808 contemporaneamente da **Davy**, **Gay-Lussac** e **Thénard** indipendentemente l'uno dall'altro; il nome deriva dall'arabo *buraq*. È un **semimetallo**: forma infatti con l'ossigeno l'**anidride borica** (B_2O_3), che con l'acqua genera l'**acido borico** H_3BO_3 [si può trovare anche con formula $\text{B}(\text{OH})_3$].

Un altro composto ossigenato del boro è il **borace** ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) che con acidi forma **acido borico**:



Vi sono poi i composti alogenati del boro: **BF_3** , **BCl_3** , **BBr_3** e **BI_3** .

Altri composti del boro sono i **borani**: gli idruri del boro (un esempio è il **B_2H_4**), che vengono impiegati come propellenti per razzi.

Il boro è impiegato nella preparazione di leghe di acciaio e nell'elettronica come semiconduttore.

I boruri di titanio, zirconio e cromo hanno un elevato punto di fusione e come sostanze refrattarie vengono impiegati nella produzione di turbine.

Il borace viene impiegato nella produzione di vetri al borosilicato per la vetreria da laboratorio resistente al calore.

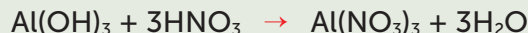
Il **perborato** ($\text{NaBO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) è un composto che sviluppa acqua ossigenata e viene impiegato come sbiancante nei detersivi.

L'**alluminio** metallico (FIGURA 13) fu prodotto per la prima volta da **Oersted** nel 1825; il nome deriva dal minerale allume (in latino *alumen*).

È il metallo più abbondante della crosta terrestre, mentre gli altri elementi del gruppo sono più rari. Si tratta di un metallo molto impiegato nelle produzioni industriali, soprattutto in metallurgia (dove le sue leghe di ultima generazione stanno soppiantando l'acciaio).

L'alluminio reagisce con l'ossigeno formando l'ossido detto anche **allumina** (Al_2O_3), che è insolubile negli acidi concentrati.

L'idrossido **$\text{Al}(\text{OH})_3$** è un composto **anfotero**, cioè con un acido forma lo ione Al^{3+} e i relativi sali di alluminio:



Mentre con un idrossido produce lo ione alluminato (AlO_2^-) e i relativi sali:



L'alluminio, oltre che come metallo, viene impiegato, sotto forma di allume (**$\text{Al}_2\text{SO}_4 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$**), nella preparazione di vernici.

Il **gallio** fu identificato per la prima volta da **Lecoq de Boisbaudran** nel 1875. Essendo francese, egli dedicò il nome dell'elemento alla sua nazione, derivandolo dalla denominazione latina della Francia: la Gallia. L'**indio** fu identificato per la prima volta da **Reich e Richter** nel 1863; il nome deriva dal colore indaco del suo spettro di emissione.

Il **tallio** fu identificato da **Crookes** nel 1861; il nome deriva dal greco *thallos* (germoglio verde) poiché colora la fiamma in emissione di colore verde.

Gallio, indio e tallio vengono poco impiegati nelle produzioni tecnologiche e industriali, ma degni di nota sono:

- il **solfuro di tallio** (**Tl_2S**) che viene utilizzato nella costruzione di particolari fotocellule sensibili ai raggi infrarossi;
- il **seleniuro di gallio** (**GaSe**) che viene impiegato nella costruzione dei costosissimi pannelli solari ad alto rendimento per le sonde spaziali, i satelliti e le navicelle spaziali.

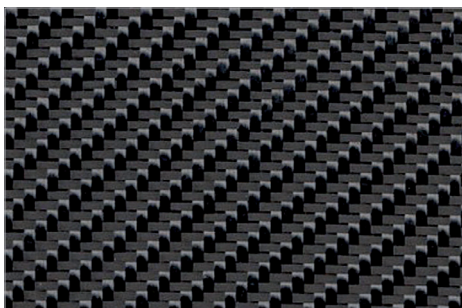


FIGURA 15 Fibra di carbonio

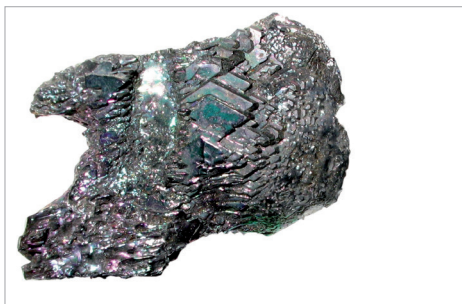


FIGURA 16 Silicio purissimo

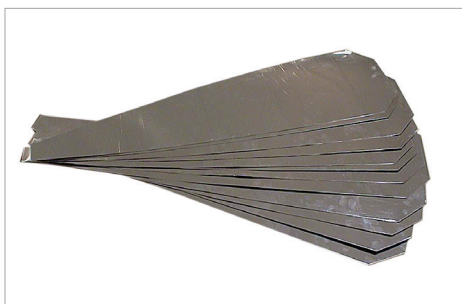


FIGURA 17 Lamine di stagno



6. Gruppo IV A

Il gruppo IV A è composto da **carbonio (C)**, **silicio (Si)**, **germanio (Ge)**, **stagno (Sn)** e **piombo (Pb)**.

Il carbonio è un non metallo, il silicio e il germanio sono metalloidi semiconduttori ed hanno proprietà chimiche simili in quanto formano composti covalenti; stagno e piombo sono dei metalli e formano composti ionici.

Il nome e il simbolo del **carbonio** derivano dal latino *carbo* (carbone). Questo elemento si trova, allo stato elementare (atomico), sotto due forme: il **diamante** e la **grafite**. Questi due stati (forme **allotropiche**) hanno caratteristiche fisiche molto differenti: il diamante è durissimo ed è un isolante elettrico. La grafite è poco dura e conduce elettricità.

In natura il carbonio elementare si trova in grandi quantità nei giacimenti di **antracite** e **litantrace** (carboni fossili, utilizzati come combustibili); spesso si trova come carbonato nelle più svariate rocce, oltre che come elemento essenziale negli esseri viventi.

Il **carbonio** può essere ossidato a **CO** e **CO₂**, il primo (il monossido) è un gas tossico, mentre il secondo è un'anidride prodotta anche dagli esseri viventi ed ha comportamento acido poiché in acqua produce acido carbonico (**H₂CO₃**).

Il carbonio forma anche composti con il cloro (**CCl₄**, tetracloruro di carbonio), con lo zolfo (**CS₂**, solfuro di carbonio) e con l'azoto (**HCN**, acido cianidrico). Oltre che come combustibile il carbonio viene impiegato come assorbente e come indurente nella produzione dei pneumatici.

Il **silicio** (FIGURA 16) è noto fin dall'antichità; il nome e il simbolo (**Si**) derivano dal latino *silex*, la **silice** o biossido di silicio (**SiO₂**). È uno degli elementi più diffusi nella crosta terrestre, mentre piombo e stagno lo sono molto meno (il germanio è raro). Il silicio forma con l'ossigeno i **silicati** di vari metalli **SiO₄⁴⁻**; i silicati, reagendo con sostanze organiche, danno i **siliconi**, con l'idrogeno i **silani**. Il silicio viene impiegato maggiormente nell'industria elettronica, ottica, del cemento e del vetro.

Il **germanio** fu identificato per la prima volta dal tedesco **Winkler** nel 1885 che lo chiamò così in onore del suo Paese d'origine. Le proprietà chimiche del **germanio** assomigliano a quelle già viste per il silicio.

Lo **stagno** (FIGURA 17) era già noto agli antichi Romani, i quali lo chiamarono inizialmente *plumbum candidum* e successivamente *stannum*. Ha carattere ionico con valenza 2 e covalente con valenza 4.

Viene impiegato nella produzione di leghe come **bronzo** (**Cu** 70%, **Sn** 30%) e **peltro** (**Sn** 90%, **Sb** 8%, **Cu** 2%).

Anche il nome del **piombo** discende dal latino (*plumbum*). È l'elemento più metallico del gruppo e forma composti ionici con valenza 2 e covalenti con forte carattere ionico con valenza 4. Viene impiegato nella produzione di vernici, accumulatori ecc., ma la sua elevata tossicità ha portato l'industria a ricercare delle alternative al suo utilizzo.



FIGURA 18 Due bellissime statue di bronzo

7. Gruppo V A

Fanno parte di questo gruppo i seguenti elementi: l'**azoto (N)**, che è un gas, il **fosforo (P)** e l'**arsenico (As)**, non metalli, l'**antimonio (Sb)** e il **bismuto (Bi)**, metalli.

I cinque elettroni di valenza fanno sì che gli elementi del gruppo possano avere valenze +3, -3 e +5.

L'**azoto** fu scoperto nel 1772 da **Daniel Rutherford** e isolato da **Scheele** nel 1777. Il nome gli fu assegnato da **Lavoisier** che lo derivò dal greco *zoè* (vita), preceduto dall'alfa privativa, e quindi «privo di vita», perché gli animali morivano quando lo respiravano.

Il simbolo (**N**) deriva dal suo nome latino *nitrogenum*, «generatore di nitro» (nitrato di sodio o di potassio).

L'**azoto** è il gas più abbondante nell'atmosfera (circa 80%), è un gas biatomico con formula N_2 , è presente in natura anche sotto forma di nitrati (NO_3^-), nitriti (NO_2^-) e azoto organico.

L'azoto ha valenze -3, 1, 2, 3, 4, 5, e con l'ossigeno forma **cinque ossidi**: N_2O , protossido di azoto o monossido di diazoto, detto anche **gas esilarante**, usato come anestetico e come propellente per auto da corsa; NO (monossido di azoto), N_2O_3 (anidride nitrosa o triossido di diazoto), che con l'acqua forma l'acido nitroso (HNO_2); NO_2 (ipozotite o biossido di azoto); N_2O_5 (anidride nitrica o pentossido di diazoto), che in acqua diviene acido nitrico (HNO_3).

Gli ossidi di azoto, indicati genericamente come NO_x , sono prodotti dai combustibili per **autotrazione**: la benzina è composta, oltre che dagli idrocarburi, anche da additivi costituiti da molecole organiche contenenti azoto; nella combustione della benzina queste sostanze azotate si trasformano appunto in una miscela di ossidi di azoto (NO_x), molto tossici e inquinanti.

Altri composti importanti dell'azoto sono: l'**ammoniaca** (NH_3), l'**azoturo di idrogeno** (HN_3), l'**idrazina** (N_2H_4) e l'**idrosilammia** (NH_2OH).

Il **fosforo**, noto fin dall'antichità, deriva il nome e il simbolo (**P**) dal greco *phòsphoros*, che significa «portatore di luce».

Il fosforo viene prodotto sotto tre forme allotropiche rosso, bianco e nero; i composti più diffusi sono la fosfina (PH_3) molto tossica, il triossido di difosforo o anidride fosforosa (P_2O_3) e il relativo acido fosforoso (H_3PO_3), il pentossido di difosforo o anidride fosforica (P_2O_5) e il relativo acido fosforico (H_3PO_4).

L'**arsenico** (FIGURA 19) fu identificato per la prima volta da **Scheele** nel 1775, tuttavia era noto già in tempi molto più antichi: il suo nome deriva infatti dal persiano *zarnik*, che vuol dire «ornamento giallo», da cui poi gli antichi Greci derivarono il termine *arsenikon*.

L'**antimonio** (FIGURA 21) fu isolato da **Basilio Valentino** nel XV Secolo. Il nome di questo elemento – assegnatogli da **Gerber** – deriva dal latino *antimonium*; il simbolo (**Sb**) deriva dal termine latino *stibium* poiché la stibina, il solfuro di antimonio III (Sb_2S_3), è un minerale da cui si estrae questo elemento.

Il **bismuto** (FIGURA 20), noto fin dal XV Secolo, fu separato dal piombo nel 1753 da **Geoffroy**. Il nome e il simbolo (**Bi**) derivano dal tedesco *wismuth*, che a sua volta deriva da *weisse masse* (massa bianca).

Il **fosforo** è presente in natura in larga parte sotto forma di fosfati (PO_4^{3-}), mentre **arsenico**, **antimonio** e **bismuto** si possono trovare allo stato atomico o come ossidi o solfuri.

I composti di arsenico, antimonio e bismuto sono idrogenati (**AsH₃** arsina, **SbH₃** stibina e **BiH₃** idrogeno bismutato), e ossigenati.

L'azoto e i derivati dell'ammoniaca vengono principalmente impiegati nella produzione industriale di fertilizzanti, carta, fibre sintetiche, esplosivi, pile ecc.

Il fosforo viene impiegato nella fabbricazione di acido fosforico, fiammiferi, fertilizzanti, prodotti alimentari, farmaci ecc.

L'arsenico viene prevalentemente impiegato nell'industria elettronica. L'antimonio in metallurgia e nell'industria elettronica. Il bismuto viene impiegato nell'industria farmaceutica e in metallurgia.



FIGURA 19 Arsenico purissimo



FIGURA 20 Bismuto purissimo



FIGURA 21 Antimonio

8. Gruppo VI A

Il sesto gruppo, detto dei **calcogeni**, è composto dai seguenti elementi: il gas **ossigeno (O)**, lo **zolfo (S)**, il **selenio (Se)**, il **tellurio (Te)** e il **polonio (Po)**.



FIGURA 22 Zolfo

L'**ossigeno** è l'elemento più abbondante sulla terra, è presente sia nell'atmosfera (20% circa) come gas puro, che nella crosta terrestre come ossido e derivati. Lo **zolfo** (FIGURA 22) è presente sia allo stato puro che sotto forma di ossido, sale ed è presente anche nelle proteine. Il **selenio** è presente come impurità nei minerali; **tellurio** e **polonio** sono elementi rari.

Sono tutti non metalli tranne il polonio, il quale è l'unico a non avere la valenza -2 .

L'**ossigeno** fu prodotto artificialmente nel 1774 da **Priestley**, e riconosciuto da **Scheele** nel 1777 come costituente dell'aria atmosferica. Il nome, assegnato da **Lavoisier**, significa «generatore di acidi».

L'ossigeno reagisce con i combustibili producendo, oltre ai prodotti di reazione, anche una notevole quantità di **calore**: per questo motivo è un **comburente**.

Se si sottopone l'ossigeno molecolare (O_2) a un fascio intenso di radiazioni ultraviolette si trasforma in un composto molto reattivo detto **ozono (O_3)**. Quest'ultimo è naturalmente presente nell'atmosfera dove la sua presenza blocca le radiazioni ultraviolette di tipo «b»,

molto nocive. Negli ultimi decenni però, a causa della produzione di sostanze di sintesi industriale, si è verificato un assottigliamento della fascia dell'ozono.

Lo **zolfo** è noto fin dall'antichità. Il nome e il simbolo (**S**) derivano dal suo nome latino *sulfur*. Ha formula molecolare S_8 .

Lo zolfo, reagendo con l'idrogeno, forma l'**acido solfidrico**, un gas caratterizzato dall'odore sgradevole di uova marce, molto tossico. Si dice di questo composto (H_2S) che è l'omologo solforato dell'acqua (H_2O) poiché ha lo stesso tipo di struttura molecolare.

Con l'ossigeno lo zolfo forma due ossidi acidi:

- SO_2 (anidride solforosa), che in acqua diviene acido solforoso (H_2SO_3);
- SO_3 (anidride solforica) che, sempre in acqua, diviene acido solforico (H_2SO_4).

Il **selenio** fu identificato per la prima volta da **Berzelius** nel 1817; il nome deriva dal nome greco della Luna: *selene*. Si tratta di un solido che con l'ossigeno forma il SeO_2 e con l'acqua diviene acido selenioso (H_2SeO_3); reagendo con l'idrogeno forma l'acido selenidrico (H_2Se).

Il **tellurio** fu identificato per la prima volta da **Muller von Reichenstein** nel 1782. Il nome gli venne assegnato da **Klaproth**, che lo derivò dal termine latino *tellus*, che significa «terra».

Il **polonio** fu identificato per la prima volta dai coniugi **Pierre e Marie Curie** nel 1898. Il nome venne scelto da Marie Sklodowska Curie in onore della sua nazione d'origine, la Polonia.

L'**ossigeno** viene impiegato puro nell'industria metallurgica e come propellente per razzi. L'**acqua ossigenata (H_2O_2)** è un disinfettante e uno sbiancante; l'**ozono** è un potente sterilizzante delle acque potabili.

Lo **zolfo** viene utilizzato in larga parte per la produzione dell'**acido solforico**, per la produzione di detersivi e coloranti.

Il **selenio** viene impiegato nella fabbricazione di pneumatici, in metallurgia e come semiconduttore nell'industria elettronica. Inoltre è un elemento importante per il metabolismo degli esseri viventi.



FIGURA 23 Cloro

9. Gruppo VII A

Il gruppo degli alogeni (dal greco: «generatori di sali») è composto dai seguenti elementi: i gas **fluoro (F)** e **cloro (Cl)**, il liquido **bromo (Br)**, lo **iodio (I)** e l'**astato (At)**.

Il **fluoro** fu prodotto artificialmente nel 1886 da **Moissan**. Il suo nome deriva dal latino *fluere*, che significa «fondere».

Anche il **cloro** (FIGURA 23) fu prodotto artificialmente, nel 1774, da **Scheele**; nome e simbolo (**Cl**) furono assegnati da **Davy** nel 1810, e derivano dal greco *chloros* che significa «giallo-verde», che è il colore dei vapori di cloro.

Il **bromo** fu identificato per la prima volta da **Balard** nel 1826; il nome deriva dal greco *bromos* che significa «fetore», a causa del suo odore fortemente irritante.

Lo **iodio**, scoperto da **Courtois** nel 1811 nelle ceneri delle alghe marine, fu identificato come elemento per la prima volta da **Gay-Lussac** nel 1813. Il nome gli venne assegnato derivandolo dal greco *iodes* che significa «azzurro-violetto», che è appunto il colore dei vapori di iodio.

L'**astato** fu sintetizzato per la prima volta nel 1940 da **Dale R. Corson**. Si tratta un elemento artificiale instabile, e proprio da questa caratteristica deriva il nome (dal greco *astatòs*, «instabile»).

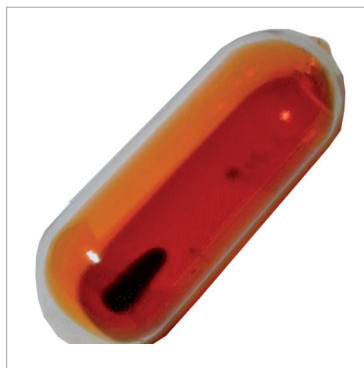


FIGURA 24 Una fiala di bromo



FIGURA 25 Iodio con vapori

Gli alogeni (**F**, **Cl**, **Br** e **I**) si trovano in natura sotto forma di sali, sia nelle rocce che disciolti nelle acque.

Fluoro e iodio sono elementi importanti per gli esseri viventi poiché partecipano ai processi metabolici (lo iodio nell'ormone tiroxina) e fanno parte dei costituenti delle ossa e dei denti (il fluoro).

Gli alogeni hanno un'elevata energia di affinità elettronica e un'elevata elettronegatività. Avendo una configurazione esterna ns^2np^5 gli manca un solo elettrone per completare l'ottetto elettronico ed ottenere la configurazione stabile di un gas nobile.

Per questo motivo tutti gli elementi del gruppo hanno una notevole predisposizione a ricevere un elettrone divenendo così un anione alogenidrico:

- fluoruro (F^-);
- cloruro (Cl^-);
- bromuro (Br^-);
- ioduro (I^-);

tutti con stato di ossidazione -1.

Gli alogeni, eccetto il fluoro, che è l'elemento più elettronegativo, posseggono anche valenze positive (vedi le anidridi e i relativi acidi).

Fluoro, cloro, bromo e iodio sono presenti allo stato puro come molecole biatomiche (**F₂**, **Cl₂**, **Br₂**, **I₂**). Reagiscono con l'idrogeno formando gli idracidi (**HF**, **HCl**, **HBr**, **HI**).

Il **cloro** genera le anidridi: ipoclorosa (**Cl₂O**), clorosa (**Cl₂O₃**), clorica (**Cl₂O₅**) e perclorica (**Cl₂O₇**), che con l'acqua danno i rispettivi acidi: **HClO** (ipocloroso), **HClO₂** (cloroso), **HClO₃** (clorico) e **HClO₄** (perclorico).

Bromo (FIGURA 24) e **iodio** (FIGURA 25) hanno quasi lo stesso comportamento del cloro.

Esistono anche i cosiddetti **composti interalogenici**, cioè composti da due alogeni: **ClF**, **BrF₃**, **IF₅**, meno stabili delle molecole di alogeno puro.

Il **fluoro** viene impiegato industrialmente nella produzione del **teflon** (una sostanza plastica), del **freon** (un gas criogenico o congelante), nell'industria dell'arricchimento dell'uranio.

Il **cloro** viene impiegato per la produzione del PVC (polimero plastico), nell'industria petrolchimica, nella produzione di agenti chimici sterilizzanti; il **bromo** nello sviluppo di immagini fotografiche (**AgBr**); lo **iodio** come disinfettante, come catalizzatore ecc.

10. Gruppo VIII A

Gli elementi del gruppo VIIIA sono detti **gas nobili** e sono **elio** (**He**), **neon** (**Ne**), **argo** (**Ar**), **kripto** (**Kr**), **xeno** (**Xe**) e **radon** (**Rn**). Sono presenti per circa l'1% nell'atmosfera (il più abbondante è l'elio).

L'**elio** fu scoperto nel 1868 da **Lockyer** e **Jansen**, indipendentemente l'uno dall'altro. Il nome gli fu dato da Lockyer e deriva dal nome greco del Sole.

Il **neon** fu scoperto nel 1898 da **Ramsay** e **Travers**; il nome deriva dal greco *neos*, che significa «nuovo».

L'**argo** fu scoperto da **Ramsay**. Anche in questo caso il nome ha origine greca (*argos*, che significa «inattivo»), così come quello del **kripto** (*kriptos* significa «nascosto»: infatti, è molto difficile separare questo elemento dagli altri gas nobili).

Il nome dello **xeno** deriva anch'esso dal greco (*xenos* = «straniero»).

Il **radon** deve il suo nome al fatto che esso deriva dal decadimento radioattivo del radio:



Argo, xeno e kripto si producono dalla distillazione dell'aria, l'elio dalla distillazione dei gas naturali. La chimica dei gas nobili è molto limitata in quanto la loro elevata inerzia chimica fa sì che reagiscano con estrema difficoltà generando dei composti instabili.

Gli impieghi industriali sono invece svariati: l'**elio (He)** viene impiegato come gas criogenico (refrigerante) per frigoriferi che raggiungono temperature vicine allo zero assoluto, oppure nei termometri a gas, nelle miscele gassose per attività subacquee. Il **neon** viene impiegato nella fabbricazione dei tubi catodici per apparecchi televisivi o per lampade; l'**argo** viene impiegato nella costruzione dei contatori Geiger. Nei tubi catodici per l'illuminazione o nelle insegne pubblicitarie sono presenti miscele di gas nobili: neon (rosso), argo-neon (verde-blu), xeno (bianco), elio (giallo).

11. I metalli di transizione più importanti

Il **rame (Cu)**, l'**argento (Ag)** e l'**oro (Au)** sono raggruppati nel gruppo IB, sono elementi conosciuti dall'uomo da molti secoli, e sono presenti in natura sia allo stato puro che combinati con l'ossigeno (**ossidi**) o con lo zolfo (**solfuri**).

Il **rame** deriva il suo simbolo dal latino *cuprum*, poiché veniva estratto dai Romani nelle miniere di Cipro. Dal latino *cuprum* derivano anche i nomi inglese (*copper*) e tedesco (*kupfer*).

Il rame reagisce con una varietà di sostanze generando sali; viene impiegato maggiormente per la produzione di conduttori elettrici e nelle leghe come bronzi, ottoni (**FIGURA 26**), e leghe da conio, ma anche in agricoltura come verderame ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) per il trattamento delle viti.

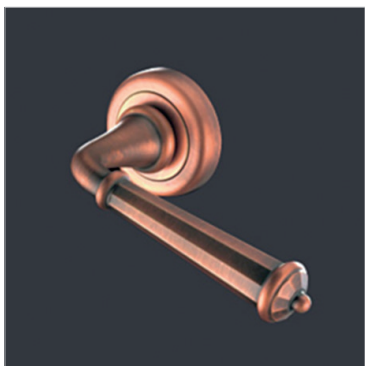


FIGURA 26 Maniglia di ottone

L'**argento** deriva il suo nome dal latino *argentum*, così come l'**oro** (*aurum*).

Il sale più diffuso dell'**argento** è il nitrato (AgNO_3), che viene impiegato come reattivo nei laboratori; questo elemento viene inoltre usato come metallo nella produzione di pellicole fotografiche.

L'argento metallico (**Ag**) viene impiegato maggiormente come conduttore elettrico, nella produzione di gioielli e argenteria e nelle leghe.

L'**oro** (**FIGURA 27**) è definito un **metallo nobile** perché non viene attaccato dagli acidi nitrico e solforico anche concentrati. Viene sciolto dall'acqua regia, che è una miscela composta da tre parti di acido cloridrico (**HCl**) concentrato e da una parte di acido nitrico (**HNO₃**) concentrato secondo la reazione:

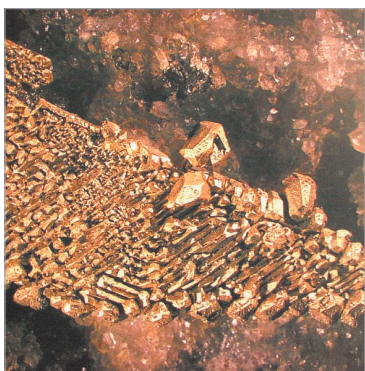


FIGURA 27 Oro ancora non estratto dalla roccia



FIGURA 28 Anodi anticorrosione di zinco

Viene impiegato nella produzione di gioielli in varie leghe e come conduttore di elettricità nei circuiti speciali.

Lo **zinco (Zn)**, il **cadmio (Cd)** e il **mercurio (Hg)** sono i metalli del gruppo IIB. I minerali dello zinco (**FIGURA 28**) e del mercurio sono presenti in maniera cospicua nella crosta terrestre, mentre il cadmio è raro.

Lo **zinco** è noto sin dalla antichità, ma fu prodotto come metallo puro da **Margraaf** solo nel 1746.

Il **cadmio** fu scoperto da **Strohmeyer** nel 1817 in un minerale dello zinco (smithsonite); il suo nome deriva dal greco *kadmeia* che significa «ossido di zinco».

Il mercurio deriva il suo nome dall'omonimo pianeta, mentre il simbolo (**Hg**) deriva dal suo nome di origine greca (*hydrargyrum*, argento vivo) che fu dato al mercurio nella prima nomenclatura chimica.

Zinco e **cadmio** vengono impiegati nella ricopertura del ferro (**zincatura**); lo zinco inoltre viene impiegato nelle leghe di ottone, mentre il cadmio nella fabbricazione delle pile ricaricabili e come moderatore delle reazioni di fissione nucleare nelle centrali atomiche. Lo zinco è un **oligoelemento**, ovvero un elemento che a basse concentrazioni è essenziale per la vita (mentre ad alte concentrazioni è tossico per l'organismo stesso). Il **mercurio** viene impiegato nella produzione di termometri, pompe da vuoto, lampade, e come liquido refrigerante nei motori navali.



FIGURA 29 Manganese puro

I composti del mercurio vengono usati come coloranti (**HgS**), come fungicidi e nella produzione delle batterie a bottone (Ruben-Mallory).

Il **nicel (Ni)** e il **platino (Pt)** fanno parte del gruppo VIII B, si trovano in natura sotto forma di minerali e vengono estratti per via metallurgica.

Il **nicel** fu scoperto da **Cronstedt** nel 1751, il nome deriva dallo svedese *kopparnickel*, che significa «falso rame». Viene impiegato come metallo puro per lo più nella fabbricazione delle sue leghe, come catalizzatore di reazioni chimiche, nella produzione di pile.

Il **platino** fu scoperto da **Antonio de Ulloa** in un minerale d'oro in Colombia nel 1735, e fu isolato da **Watson** nel 1750. Dalla somiglianza con il colore dell'argento, in spagnolo *plata*, venne chiamato *platina*. È il metallo nobile per eccellenza, viene impiegato nella produzione di gioielli, catalizzatori per l'industria chimica, per apparecchiature da laboratorio (elettrodi, crogioli ecc.) e nella produzione di conduttori elettrici di elevato pregio.

Il **cromo (Cr)** fa parte del gruppo VI B, si trova in natura come minerale, e forma una vasta serie di composti. Viene impiegato soprattutto nella produzione di acciai speciali, nelle cromature, nell'industria delle vernici, come catalizzatore. Fu scoperto da **Vauquelin** nel 1797, e isolato da **Goldshmidt** nel 1894. Il nome deriva dal greco *chroma* che significa «colore», poiché i suoi composti sono colorati.



FIGURA 30 Sedia e tavolo in acciaio

Il **manganese (Mn)** appartiene al gruppo VII B; si trova in natura sotto forma di minerale ed è un importante elemento per la fotosintesi clorofilliana. Ha una chimica vasta e viene impiegato nella produzione di acciai speciali, nelle leghe, come diossido (**MnO₂**) nella produzione industriale del vetro e nella fabbricazione delle batterie. Il **permanganato (KMnO₄)** viene impiegato come reattivo da laboratorio e come disinfettante.

Il **manganese (FIGURA 29)** è noto sin dalla antichità; il suo minerale, la pirolusite (**MnO₂**), veniva chiamato da Plinio *magnes femminile*. **Gahn** lo isolò nel 1774. Il nome gli fu assegnato da **Klaproth** nel 1808 per via delle proprietà magnetiche dei suoi minerali contenenti ferro.

Il **manganese** bivalente viene utilizzato come insetticida e nella produzione di vernici.

Il **ferro (Fe)** appartiene al gruppo VIII B, ed è un metallo noto all'uomo da molti secoli. È molto diffuso in natura sotto forma

di minerale, da cui si estrae per via metallurgica.

La chimica del ferro è vasta, vi sono infatti numerosi composti dove il ferro ha valenza 2 o 3. Viene impiegato soprattutto nella fabbricazione di ghise e acciai come metallo, mentre i composti del ferro vengono utilizzati nella produzione di coloranti (**Fe₂O₃**) e inchiostri (**FeSO₄**) ecc. Il nome deriva dal latino *ferrum*.

12. La tavola periodica degli elementi

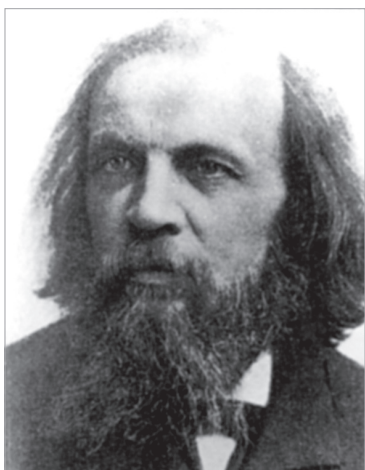


FIGURA 33 Dmitrii Ivanovic Mendeleev (1834 - 1907), ideatore della prima tavola periodica

Nelle seguenti pagine è presentata la tavola periodica degli elementi introdotta nella sua forma primitiva nel 1869 dal chimico russo Mendelèev.

La tavola è organizzata in modo tale da raggruppare gli elementi in funzione del riempimento del loro guscio esterno, infatti troveremo il blocco **s** formato dai gruppi I A e II A, il blocco **p** formato dai gruppi III A, IV A, V A, VI A, VII A e VIII A (o gruppo 0), il blocco **d** formato dai metalli di transizione e il blocco **f** formato da lantanidi e attinidi.

12.1. Blocco s

LEGENDA:	
Simbolo	H
Nome	Idrogeno
Massa atomica	1,0079
Elettronegatività	2,1
Stati di ossidazione	1
Auf-bau	1s ¹

I A		II A	
H 1			
Idrogeno			
1,0079			
2,1			
-1,1			
1s ¹			
Li 3	Be 4		
Litio	Berillio		
6,941	9,01218		
1,0	1,5		
1	2		
1s ² 2s ¹	1s ² 2s ²		
Na 11	Mg 12		
Sodio	Magnesio		
22,98977	24,305		
0,9	1,2		
1	2		
(Ne)3s ¹	(Ne)3s ²		

I A		II A	
K 19	Ca 20		
Potassio	Calcio		
39,0983	40,08		
0,8	1,0		
1	2		
(Ar)4s ¹	(Ar)4s ²		
Rb 37	Sr 38		
Rubidio	Stronzio		
85,4678	87,62		
0,8	1,0		
1	2		
(Kr)5s ¹	(Kr)5s ²		
Cs 55	Ba 56		
Cesio	Bario		
132,9054	137,33		
0,7	0,9		
1	2		
(Xe)6s ¹	(Xe)6s ²		
Fr 87	Ra 88		
Francio	Radio		
223	226,0254		
0,7	0,9		
1	2		
(Rn)7s ¹	(Rn)7s ²		

12.2. Blocco p

						VIII A					
III A		IV A		V A		VI A		VII A		VIII A	
						He	2				
						Elio					
						4,0026					
						-					
						-					
						1s ²					
B	5	C	6	N	7	O	8	F	9	Ne	10
Boro		Carbonio		Azoto		Ossigeno		Fluoro		Neon	
10,81		12,011		14,0067		15,9994		18,9984		20,179	
2,0		2,5		3,0		3,5		4,0		-	
3		-4, 2, 4		±3, 1, 2, 4, 5		-2		-1		-	
1s ² 2s ² 2p ¹		1s ² 2s ² 2p ²		1s ² 2s ² 2p ³		1s ² 2s ² 2p ⁴		1s ² 2s ² 2p ⁵		1s ² 2s ² 2p ⁶	
Al	13	Si	14	P	15	S	16	Cl	17	Ar	18
Alluminio		Silicio		Fosforo		Zolfo		Cloro		Argon	
26,9815		28,0855		30,97376		32,06		35,453		39,948	
1,5		1,8		2,1		2,5		3,0		-	
3		4		±3, 5		-2, 4, 6		±1, 3, 5, 7		-	
(Ne)3s ² 3p ¹		(Ne)3s ² 3p ²		(Ne)3s ² 3p ³		(Ne)3s ² 3p ¹		(Ne)3s ² 3p ²		(Ne)3s ² 3p ⁶	
Ga	31	Ge	32	As	33	Se	34	Br	35	Kr	36
Gallio		Germanio		Arsenico		Selenio		Bromo		Kripto	
69,72		72,59		74,9216		78,96		79,904		83,8	
1,6		1,8		2,0		2,4		2,8		-	
3		4		±3, 5		-2, 4, 6		±1, 3, 5		-	
(Zn)4p ¹		(Zn)4p ²		(Zn)4p ³		(Zn)4p ⁴		(Zn)4p ⁵		(Zn)4p ⁶	
In	49	Sn	50	Sb	51	Te	52	I	53	Xe	54
Indio		Stagno		Antimonio		Tellurio		Iodio		Xenon	
114,82		118,71		121,75		127,6		126,9045		131,29	
1,7		1,8		1,9		2,1		2,5		-	
3		2, 4		±3, 5		-2, 4, 6		±1, 5, 7		-	
(Cd)5p ¹		(Cd)5p ²		(Cd)5p ³		(Cd)5p ⁴		(Cd)5p ⁵		(Cd)5p ⁶	
Tl	81	Pb	82	Bi	83	Po	84	At	85	Ne	10
Tallio		Piombo		Bismuto		Polonio		Astato		Radon	
204,383		207,2		208,9804		209		210		222	
1,8		1,8		1,9		2,0		2,2		-	
3, 1		2, 4		3, 5		4, 2		±1, 3, 5, 7		-	
(Hg)6p ¹		(Hg)6p ²		(Hg)6p ³		(Hg)6p ⁴		(Hg)6p ⁵		(Hg)6p ⁶	

12.3. Blocco d

III B		IV B		V B		VI B		VII B	
Sc 21	Ti 2	V 23	Cr 24	Mn 25					
Scandio	Titanio	Vanadio	Cromo	Manganese					
44,9559	47,88	50,9415	44,9559	44,9559					
1,3	1,5	1,6	1,3	1,3					
3	3, 4	2, 3, 4, 5	2, 3, 6	2, 3, 4, 6, 7					
(Ar)3d ¹ 4s ²	(Ar)3d ² 4s ²	(Ar)3d ³ 4s ²	(Ar)3d ⁵ 4s ¹	(Ar)3d ⁵ 4s ²					
Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Tc 43					
Ittrio	Zirconio	Niobio	Molibdeno	Tecnezio					
88,9059	91,224	92,9064	95,94	98					
1,3	1,4	1,6	1,8	1,9					
3	4	3, 5	2, 3, 4, 5, 6	7					
(Kr)4d ¹ 5s ²	(Kr)4d ² 5s ²	(Kr)4d ⁴ 5s ¹	(Kr)4d ⁵ 5s ¹	(Kr)4d ⁶ 5s ¹					
La 57	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75					
Lantanio	Hafnio	Tantalio	Tungsteno	Renio					
138,9055	178,49	180,9479	183,85	186,2075					
1,1	1,3	1,5	1,7	1,9					
3	4	5	2, 3, 4, 5, 6	-1, 2, 4, 6, 7					
(Xe)5d ¹ 6s ²	(Xe)5d ¹ 6s ²	(Xe)5d ¹ 6s ²	(Xe)5d ¹ 6s ²	(Xe)5d ¹ 6s ²					

VIII B		VIII B		VIII B		I B		II B	
Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30					
Ferro	Cobalto	Nichel	Rame	Zinco					
55,847	55,847	58,69	63,546	65,38					
1,8	1,8	1,8	1,9	1,6					
2, 3	2, 3	2, 3	1, 2	2					
(Ar)3d ⁶ 4s ²	(Ar)3d ⁶ 4s ²	(Ar)3d ⁸ 4s ²	(Ar)3d ¹⁰ 4s ¹	(Ar)3d ¹⁰ 4s ²					
Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48					
Rutenio	Rodio	Palladio	Argento	Cadmio					
101,07	102,9055	106,42	107,868	112,41					
2,2	2,2	2,2	1,9	1,7					
2, 3, 4, 6, 8	2, 3, 4	2, 4	1	2					
(Kr)4d ⁷ 5s ¹	(Kr)4d ⁸ 5s ¹	(Kr)4d ¹⁰	(Kr)4d ¹⁰ 5s ¹	(Kr)4d ¹⁰ 5s ²					
Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80					
Osmio	Irridio	Platino	Oro	Mercurio					
190,2	192,22	195,08	196,9665	200,59					
2,2	2,2	2,2	2,4	1,9					
2, 3, 4, 6, 8	2, 3, 4, 6	2, 4	1, 3	1, 2					
(Xe)4f ¹⁴ 5d ⁶ 6s ²	(Xe)4f ¹⁴ 5d ⁷ 6s ²	(Xe)4f ¹⁴ 5d ⁹ 6s ¹	(Xe)4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ¹	(Xe)4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ²					