

**Per arrivare alla Tavola  
Periodica degli Elementi**

**Dalton** effettua il primo calcolo del rapporto fra i pesi di alcuni atomi all'epoca conosciuti e quello dell'atomo di idrogeno, compilando una **prima tabella di pesi atomici**, (nel 1803).

Tale tabella è affetta da errori concettuali, ma è fondamentale perché è la prima che sia stata elaborata: gli errori sono legati alla convinzione che il numero di particelle di vari gas in un dato volume possa essere diverso.

D'altronde non aveva conoscenza dell'esistenza di **molecole biatomiche**, perciò interpretò le sue esperienze intendendo che il gas idrogeno fosse H e non H<sub>2</sub>.

| atomo primario     | peso atomico | note                                                  |
|--------------------|--------------|-------------------------------------------------------|
| idrogeno           | 1            | da acqua, come HO                                     |
| ossigeno           | 5,66         |                                                       |
| azoto              | 4            | da ammoniaca ,come NH                                 |
| carbonio           | 4,5          | da H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , usando 5,66 per O |
| acqua              | 6,66         | come HO                                               |
| ammoniaca          | 5            | come NH                                               |
| ossido nitrico     | 13,66        | come N <sub>2</sub> O                                 |
| zolfo              | 17           | da acido solforoso come SO                            |
| acido solforoso    | 22,66        | come SO                                               |
| acido solforico    | 28,32        | come SO <sub>2</sub>                                  |
| acido carbonico    | 15,8         | come CO <sub>2</sub>                                  |
| ossido di carbonio | 10,2         | come CO                                               |

Esempio di "**Tabula affinitatum**" tra sostanze diverse di uso comune ancora alla fine del 1700. Nella riga in alto compaiono simboli di sostanze o elementi; nelle colonne, in corrispondenza ad ogni singolo elemento o sostanza, l'affinità nei suoi riguardi di altre sostanze o elementi. Quello che ha la massima affinità si trova nella seconda riga, poi nella terza e così via, fino alla sostanza o all'elemento che ha la minima affinità fra quelli considerati.

*TABLE DES DIFFERENTS RAPPORTS  
observés entre différentes substances.*

|    |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|----|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|    |  |  |  |  |  |  | SM |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|    |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|    |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|    |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| SM |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|    |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|    |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|    |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|    |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Esprit acide

Acide du sel marin

Acide vitreux

Acide nitrique

Sel alcali fixe

Sel alcali volatil

Terre absorbante

SM Substances métalliques

Mercure

Esprit d'Antimoine

Or

Argent

Laitre

Fer

Plomb

Etain

Zinc

PC Pierre Calaminale

Soufre minéral

Principe huileux ou esprit de vin

Esprit de vinaigre

Eau

S.S.

Esprit de vin et Esprit acide

Il concetto usato nella costruzione della Tabula era che la sostanza che ha maggiore affinità sposta quella che ha minore affinità. La simbologia usata è quella generalmente in uso nell'alchimia (Au = Sole; Ag = Luna; Fe = Marte; Cu = Venere, etc.)

| ELEMENTS<br>Simple |    |    |    |    |    |    |    |    | Plate 5. |
|--------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|
| 1                  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  |          |
|                    |    |    |    |    |    |    |    |    |          |
| 10                 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |          |
|                    |    |    |    |    |    |    |    |    |          |
| 19                 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 |          |
|                    |    |    |    |    |    |    |    |    |          |
| 28                 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 |          |
|                    |    |    |    |    |    |    |    |    |          |

Simboli adottati da Dalton per identificare elementi o sostanze e molecole ipotetiche tra atomi diversi.

La notazione è mista: per ogni elemento la base è un cerchio, ma prevede anche lettere e simboli grafici aggiuntivi.

Nella prima riga, da sinistra, i primi simboli sono O, H, N, C, S e P.

Il primo della seconda riga è Hg.

Alcuni simboli corrispondono a composti, allora ancora non identificabili come tali, per esempio KOH e NaOH, ultimi due della terza riga; barite, il terzo e MgO, l'ultimo della quarta riga.

Nella parte riguardante i composti sono indicati possibili combinazioni di atomi:

nella prima serie, O con H;

nella seconda O con N;

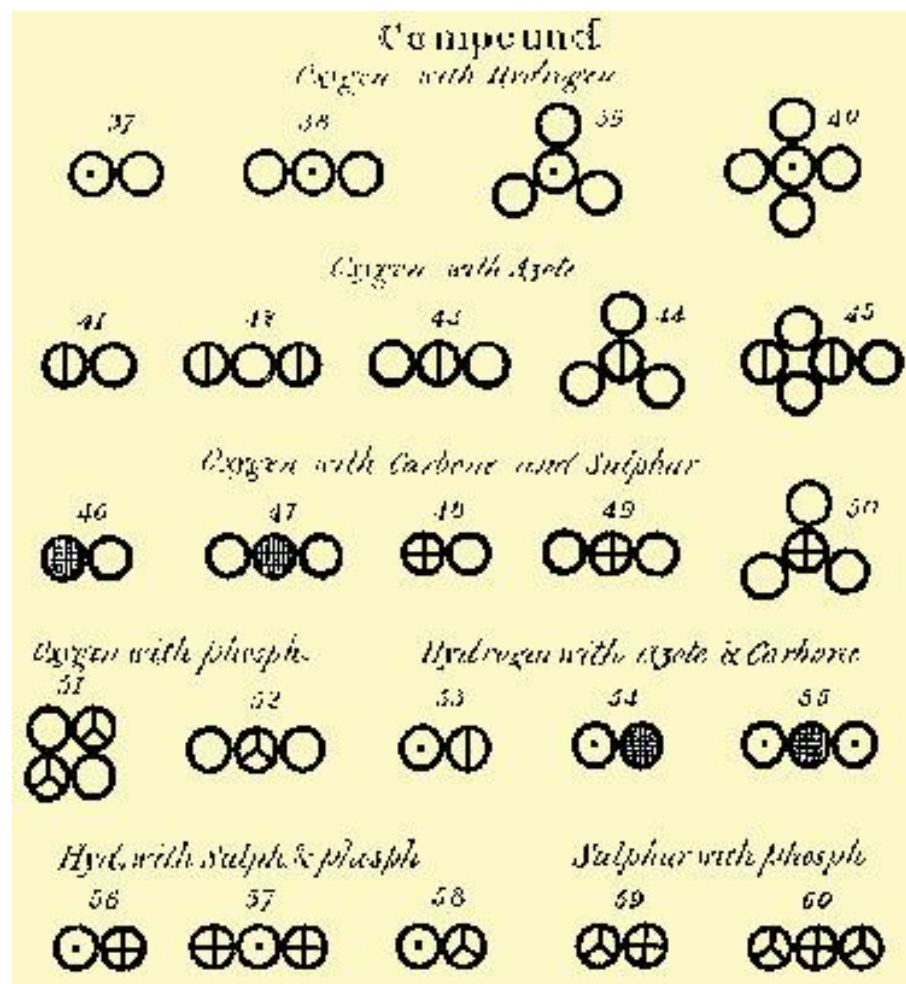
nella terza O con C ed S;

nella quarta O con P a sinistra e H con N e C a destra;

nella quinta H con S e P a sinistra, S con P a destra.

Molte combinazioni sono assolutamente fantastiche, per esempio  $\text{OH}$ ,  $\text{O}_2\text{H}$ ,  $\text{O}_3\text{H}$ ,  $\text{O}_4\text{H}$  o ancora  $\text{HN}$  e  $\text{HC}$ ,  $\text{HS}$  e  $\text{HS}_2$ ,  $\text{PS}$  e  $\text{PS}_2$ .

Altre combinazioni rappresentano, invece, molecole realmente esistenti, come diversi ossidi di N, di S e di C.



# Unità di massa atomica

Nel tempo c'è stata un'evoluzione nel **riferimento** scelto per calcolare la massa atomica (che è pertanto relativa)

**Attualmente** si considera come standard il carbonio-12  
( $^{12}\text{C}$ )

6 protoni + 6 neutroni nel nucleo = massa 12

## **Massa ossigeno**

8 protoni + 8 neutroni = 1.33291 volte  $^{12}\text{C}$

Francis William Aston, l'inventore dello spettrometro di massa (anni '20), propose in seguito di utilizzare come campione 1/16 della massa di un atomo di ossigeno-16.

# Abbondanza isotopica

$$\text{Abbondanza percentuale} = \frac{\text{Numero di atomi di un dato isotopo}}{\text{Numero totale degli atomi di tutti gli isotopi di quell'elemento}} \times 100\%$$

1. L'argento ha due isotopi, uno con 60 neutroni (abbondanza percentuale 51.839%) e l'altro con 62 neutroni. Qual è il simbolo dell'isotopo con 62 neutroni e qual è la sua abbondanza percentuale?  
(a)  $^{107}_{47}\text{Ag}$ , 51.839%      (b)  $^{107}_{47}\text{Ag}$ , 48.161%      (c)  $^{109}_{47}\text{Ag}$ , 51.839%      (d)  $^{109}_{47}\text{Ag}$ , 48.161%
2. Un campione di argon di origine naturale contiene 2696 atomi di  $^{36}\text{Ar}$ , 504 atomi di  $^{38}\text{Ar}$ , e  $7.968 \times 10^5$  atomi di  $^{40}\text{Ar}$ . Qual è l'abbondanza percentuale dell'isotopo più abbondante?  
(a) 99.60%      (b) 95.08%      (c) 71.35%      (d) 99.92%

# Massa atomica

Fattori di conversione:

$$1 \text{ u} = 1.661 \times 10^{-24} \text{ g}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa atomica} &= \left( \frac{\text{abbondanza \% dell'isotopo 1}}{100} \right) (\text{massa dell'isotopo 1}) \\ &+ \left( \frac{\text{abbondanza \% dell'isotopo 2}}{100} \right) (\text{massa dell'isotopo 2}) + \dots \end{aligned}$$

## Esempio

$^{10}\text{B}$ , abbondanza 19.91% e  $^{11}\text{B}$ , abbondanza 80.09%

$$\text{m.a.} = (19.91/100 \times 10.0129) + (80.09/100 \times 11.0093) = 10.811$$

**Dal punto di vista pratico ...**

m.a. di un elemento è generalmente più vicina alla massa dell'isotopo (o degli isotopi) più abbondanti

**Tabella 2.2** **Abbondanza isotopica e peso atomico**

| ELEMENTO | SIMBOLO | PESO ATOMICO | NUMERO DI MASSA | MASSA ISOTOPICA | ABBONDANZA NATURALE (%) |
|----------|---------|--------------|-----------------|-----------------|-------------------------|
| Idrogeno | H       | 1.00794      | 1               | 1.0078          | 99.985                  |
|          | D*      |              | 2               | 2.0141          | 0.015                   |
|          | T†      |              | 3               | 3.0161          | 0                       |
| Boro     | B       | 10.811       | 10              | 10.0129         | 19.91                   |
|          |         |              | 11              | 11.0093         | 80.09                   |
| Neon     | Ne      | 20.1797      | 20              | 19.9924         | 90.48                   |
|          |         |              | 21              | 20.9938         | 0.27                    |
|          |         |              | 22              | 21.9914         | 9.25                    |
| Magnesio | Mg      | 24.3050      | 24              | 23.9850         | 78.99                   |
|          |         |              | 25              | 24.9858         | 10.00                   |
|          |         |              | 26              | 25.9826         | 11.01                   |

\*D = deuterio; †T = trizio, radioattivo.

Il chimico russo **Dmitrij Ivanovic Mendeleev**, nel 1869, e il chimico tedesco **Julius Lothar Meyer**, nel 1870, formularono separatamente una **tavola periodica** in cui classificarono tutti gli elementi noti in base alle somiglianze di comportamento osservate e alla graduale variazione di proprietà nei gruppi di elementi successivi.

Sulla base di questa tavola e della **legge della periodicità** osservata, Mendeleev riuscì a **prevedere l'esistenza di alcuni elementi ancora ignoti**, indicando con una certa precisione le loro proprietà.

| [31]                             | Группа I         | Группа II                               | Группа III                    | Группа IV                                            | Группа V                      | Группа VI                                            | Группа VII                    | Группа VIII.<br>Переход к группе I                |
|----------------------------------|------------------|-----------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------|
| Гипнотические<br>элементы        | H = 1            |                                         |                               |                                                      |                               |                                                      |                               |                                                   |
|                                  | Li = 7           | Be = 9,4                                | B = 11                        | C = 12                                               | N = 14                        | O = 16                                               | F = 19                        |                                                   |
| Первый<br>период                 | Ряд 1-й Na = 23  | Mg = 24                                 | Al = 27,3                     | Si = 28                                              | P = 31                        | S = 32                                               | Cl = 35,5                     |                                                   |
|                                  | — 2-й K = 39     | Ca = 40                                 | — = 44                        | Ti = 50?                                             | V = 51                        | Cr = 52                                              | Mn = 55                       | Fe = 56, Co = 59,<br>Ni = 59, Cu = 63             |
| Второй<br>период                 | — 3-й (Cu = 63)  | Zn = 65                                 | — = 68                        | — = 72                                               | As = 75                       | Se = 78                                              | Br = 80                       |                                                   |
|                                  | — 4-й Rb = 85    | Sr = 87                                 | ( <sup>2</sup> Yt = 88?)      | Zr = 90                                              | Nb = 94                       | Mo = 96                                              | — = 100                       | Ru = 101, Rh = 104,<br>Pd = 104, Ag = 108         |
| Третий<br>период                 | — 5-й (Ag = 108) | Cd = 112                                | In = 113                      | Sb = 118                                             | Sb = 122                      | Te = 128?                                            | I = 127                       |                                                   |
|                                  | — 6-й Cs = 133   | Ba = 137                                | — = 137                       | Ce = 138?                                            | —                             | —                                                    | —                             | —                                                 |
| Четвертый<br>период              | — 7-й —          | —                                       | —                             | —                                                    | —                             | —                                                    | —                             |                                                   |
|                                  | — 8-й —          | —                                       | —                             | —                                                    | Ta = 182                      | W = 184                                              | —                             | Os = 193?, Ir = 196,<br>Pt = 197?, Au = 197       |
| Пятый<br>период                  | — 9-й (Au = 197) | Hg = 200                                | Tl = 204                      | Pb = 207                                             | Bi = 208                      | —                                                    | —                             |                                                   |
|                                  | — 10-й —         | —                                       | —                             | Th = 232                                             | —                             | U = 240                                              | —                             |                                                   |
| Высшая со-<br>единенная окись    | H <sup>+</sup> O | H <sup>2</sup> O <sup>2</sup><br>или HO | H <sup>3</sup> O <sup>5</sup> | H <sup>4</sup> O <sup>1</sup><br>или RO <sup>2</sup> | H <sup>5</sup> O <sup>3</sup> | H <sup>6</sup> O <sup>4</sup><br>или RO <sup>3</sup> | H <sup>7</sup> O <sup>5</sup> | H <sup>8</sup> O <sup>6</sup> или HO <sup>4</sup> |
| Число водородных со-<br>единений |                  |                                         | (EH <sup>3</sup> )            | EH <sup>4</sup>                                      | EH <sup>5</sup>               | EH <sup>6</sup>                                      | EH <sup>7</sup>               |                                                   |

TABELLE II

| REIHEN | GRUPPE I.<br>—<br>R <sup>2</sup> O | GRUPPE II.<br>—<br>RO | GRUPPE III.<br>—<br>R <sup>2</sup> O <sup>3</sup> | GRUPPE IV.<br>RH <sup>4</sup><br>RO <sup>2</sup> | GRUPPE V.<br>RH <sup>3</sup><br>R <sup>2</sup> O <sup>5</sup> | GRUPPE VI.<br>RH <sup>2</sup><br>RO <sup>3</sup> | GRUPPE VII.<br>RH<br>R <sup>2</sup> O <sup>7</sup> | GRUPPE VIII.<br>—<br>RO <sup>4</sup> |
|--------|------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------|
| 1      | H=1                                |                       |                                                   |                                                  |                                                               |                                                  |                                                    |                                      |
| 2      | Li=7                               | Be=9,4                | B=11                                              | C=12                                             | N=14                                                          | O=16                                             | F=19                                               |                                      |
| 3      | Na=23                              | Mg=24                 | Al=27,3                                           | Si=28                                            | P=31                                                          | S=32                                             | Cl=35,5                                            |                                      |
| 4      | K=39                               | Ca=40                 | —=44                                              | Ti=48                                            | V=51                                                          | Cr=52                                            | Mn=55                                              | Fe=56, Co=59,<br>Ni=59, Cu=63.       |
| 5      | (Cu=63)                            | Zn=65                 | —=68                                              | —=72                                             | As=75                                                         | Se=78                                            | Br=80                                              |                                      |
| 6      | Rb=85                              | Sr=87                 | ?Yt=88                                            | Zr=90                                            | Nb=94                                                         | Mo=96                                            | —=100                                              | Ru=104, Rh=104,<br>Pd=106, Ag=108.   |
| 7      | (Ag=108)                           | Cd=112                | In=113                                            | Sn=118                                           | Sb=122                                                        | Te=125                                           | J=127                                              |                                      |
| 8      | Cs=133                             | Ba=137                | ?Di=138                                           | ?Ce=140                                          | —                                                             | —                                                | —                                                  | — — — —                              |
| 9      | (—)                                | —                     | —                                                 | —                                                | —                                                             | —                                                | —                                                  |                                      |
| 10     | —                                  | —                     | ?Er=178                                           | ?La=180                                          | Ta=182                                                        | W=184                                            | —                                                  | Os=195, Ir=197,<br>Pt=198, Au=199.   |
| 11     | (Au=199)                           | Hg=200                | Tl=204                                            | Pb=207                                           | Bi=208                                                        | —                                                | —                                                  |                                      |
| 12     | —                                  | —                     | —                                                 | Th=231                                           | —                                                             | U=240                                            | —                                                  | — — — —                              |

**Figura 2.16** La tavola periodica di Dmitri Mendeleev del 1872. Mendeleev lasciò degli spazi vuoti per gli elementi che egli riteneva esistessero, ma erano ancora sconosciuti ai suoi tempi. I simboli in alto, sopra le colonne (es., R<sup>2</sup>O e RH<sup>4</sup>) sono formule molecolari scritte come si usava nel XIX secolo.

Mendeleev dispose così, in una riga orizzontale, uno dopo l'altro, l'idrogeno (simbolo H; peso atomico 1), il litio (Li; 7), il berillio (Be; 9), il boro (B; 7), il carbonio (C; 12), l'azoto (N; 14), l'ossigeno (O; 16), il fluoro (F; 19) ... e così via con gli elementi fino ad allora conosciuti.

Notò che si venivano a formare spontaneamente, ad intervalli fissi e ricorrenti, gruppi di essi con proprietà chimiche e fisiche comuni.  
(Valore euristico della tavola periodica)

Rimanevano alcuni buchi ... ad es., l'elemento che conosciamo come Germanio (Ge) da M. era stato solo indicato (**non osservato**), chiamandolo eka-silicio.

**TABELLA 9.1** Proprietà del germanio: previste ed osservate

| Proprietà                              | Previste<br>Eka-silicio (1871)       | Osservate<br>Germanio (1886) |
|----------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|
| Massa atomica                          | 72                                   | 72.6                         |
| Densità, g/cm <sup>3</sup>             | 5.5                                  | 5.47                         |
| Colore                                 | grigio sporco                        | bianco grigiastro            |
| Densità dell'ossido, g/cm <sup>3</sup> | EsO <sub>2</sub> : 4.7               | GeO <sub>2</sub> : 4.703     |
| Punto di ebollizione del cloruro       | EsCl <sub>4</sub> : minore di 100 °C | GeCl <sub>4</sub> : 86 °C    |
| Densità del cloruro, g/cm <sup>3</sup> | EsCl <sub>4</sub> : 1.9              | GeCl <sub>4</sub> : 1.887    |

Un'ulteriore dimostrazione della validità del lavoro di Mendeleev fu rappresentata dalla scoperta dei primi due gas nobili: **elio e argo**.

Fu possibile così prevedere l'esistenza di altri elementi simili, in quanto il Sistema Periodico risultava strutturato in modo tale da accogliere l'inserzione di tutto un gruppo di elementi inerti, quali erano elio ed argo, senza perturbare l'ordine già definito.

I *gas nobili* (o gas rari, o gas inerti) sono sei (**elio, neo, argo, kripto, xeno e radon**) e trovarono sistemazione naturale in un'ultima colonna opportunamente aggiunta: **il gruppo zero**.  
(Modello empirico)

# Quale è il principio ordinatore per Mendeleev?

Mendeleev in un primo tempo credette di aver individuato nel peso atomico crescente il principio ordinatore degli elementi, ma poi dovette ammettere delle eccezioni, invertendo le posizioni di nichel e cobalto e di iodio e tellurio.

Successivamente dopo la scoperta dei gas nobili ci si accorse che anche potassio e argo risultavano scambiati di posto: Mendeleev finì per conferire maggiore importanza, nella sistemazione dei singoli elementi all'interno della sua Tavola Periodica, alle caratteristiche chimiche riassunte nella **valenza**, piuttosto che al peso atomico.

La valenza (da una parola latina che significa "forza") ai tempi di Mendeleev veniva definita genericamente come il potere di combinazione degli atomi.

Poiché si era osservato che l'atomo di idrogeno non si combinava mai con più di un solo atomo di un qualsiasi altro elemento, all'idrogeno venne assegnata, per convenzione, valenza uno.

Se l'analisi ponderale attribuiva, ad esempio, al solfuro di idrogeno la formula  $H_2S$ , voleva dire che lo zolfo esplicava valenza 2, in quanto tale elemento risultava combinato con due atomi di idrogeno. Allo stesso modo, dalla conoscenza della formula dell'acqua,  $H_2O$ , appariva evidente la valenza 2 dell'ossigeno.

L'esperienza, inoltre, metteva in luce che un elemento poteva possedere valenza diversa in composti diversi. Nel composto  $SO_3$ , ad esempio, lo zolfo esplicava valenza 6, mentre nel composto  $SO_2$  lo zolfo presentava valenza 4.

Fu chiamata "valenza limite" la valenza massima che un elemento poteva presentare nei diversi composti a cui prendeva parte.

# TAVOLA PERIODICA DEGLI ELEMENTI

Masse atomiche calcolate rispetto alla massa del  $^{12}\text{C} = 12$

Gruppo

Nell'ordine: numero atomico, simbolo, nome, massa atomica

Gli elementi scritti in corsivo sono stati preparati artificialmente

| Gli elementi scritti in corsivo sono stati preparati artificialmente |                                |                               |                                    |                                 |                                 |                                 |                                |                                 |                                 |                                |                                 |                                 |                                |                                  |                                 | 0                             |                              |
|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| 1<br>H<br>Idrogeno<br>1,0079                                         |                                |                               |                                    |                                 |                                 |                                 |                                |                                 |                                 |                                |                                 |                                 |                                |                                  |                                 | 2<br>He<br>Elio<br>4,002      |                              |
| II a                                                                 |                                |                               |                                    |                                 |                                 |                                 |                                |                                 |                                 |                                |                                 | IIIa                            | IVa                            | Va                               | VIa                             | VIIa                          |                              |
| 3<br>Li<br>Litio<br>6,941                                            | 4<br>Be<br>Berillio<br>9,012   |                               |                                    |                                 |                                 |                                 |                                |                                 |                                 |                                |                                 | 5<br>B<br>Boro<br>10,811        | 6<br>C<br>Carbonio<br>12,011   | 7<br>N<br>Azoto<br>14,007        | 8<br>O<br>Ossigeno<br>15,999    | 9<br>F<br>Fluoro<br>18,998    | 10<br>Ne<br>Neon<br>20,179   |
| 11<br>Na<br>Sodio<br>22,989                                          | 12<br>Mg<br>Magnesio<br>24,305 |                               |                                    |                                 |                                 |                                 |                                |                                 |                                 |                                |                                 | 13<br>Al<br>Alluminio<br>26,981 | 14<br>Si<br>Silicio<br>28,086  | 15<br>P<br>Fosforo<br>30,974     | 16<br>S<br>Zolfo<br>32,066      | 17<br>Cl<br>Cloro<br>35,453   | 18<br>Ar<br>Argo<br>39,948   |
|                                                                      |                                | IIIb                          | IVb                                | Vb                              | VIb                             | VIIb                            | VIII                           |                                 |                                 | Ib                             | IIb                             |                                 |                                |                                  |                                 |                               |                              |
| 19<br>K<br>Potassio<br>39,098                                        | 20<br>Ca<br>Calcio<br>40,078   | 21<br>Sc<br>Scandio<br>44,956 | 22<br>Ti<br>Titanio<br>47,867      | 23<br>V<br>Vanadio<br>50,941    | 24<br>Cr<br>Cromo<br>51,996     | 25<br>Mn<br>Manganese<br>54,938 | 26<br>Fe<br>Ferro<br>55,845    | 27<br>Co<br>Cobalto<br>58,933   | 28<br>Ni<br>Nichelio<br>58,693  | 29<br>Cu<br>Rame<br>63,546     | 30<br>Zn<br>Zinco<br>65,392     | 31<br>Ga<br>Gallio<br>69,723    | 32<br>Ge<br>Germanio<br>72,612 | 33<br>As<br>Arsenico<br>74,922   | 34<br>Se<br>Selenio<br>78,963   | 35<br>Br<br>Bromo<br>79,904   | 36<br>Kr<br>Kripto<br>83,801 |
| 37<br>Rb<br>Rubidio<br>85,468                                        | 38<br>Sr<br>Stronzio<br>87,621 | 39<br>Y<br>Ittrio<br>88,906   | 40<br>Zr<br>Zirconio<br>91,224     | 41<br>Nb<br>Niobio<br>92,906    | 42<br>Mo<br>Molibdeno<br>95,941 | 43<br>Tc<br>Tecnecio<br>(98)    | 44<br>Ru<br>Rutenio<br>101,072 | 45<br>Rh<br>Rodio<br>102,905    | 46<br>Pd<br>Palladio<br>106,421 | 47<br>Ag<br>Argento<br>107,868 | 48<br>Cd<br>Cadmio<br>112,411   | 49<br>In<br>Indio<br>114,818    | 50<br>Sn<br>Stagno<br>118,711  | 51<br>Sb<br>Antimonio<br>121,760 | 52<br>Te<br>Tellurio<br>127,603 | 53<br>I<br>Iodio<br>126,904   | 54<br>Xe<br>Xeno<br>131,292  |
| 55<br>Cs<br>Cesio<br>132,905                                         | 56<br>Ba<br>Bario<br>137,327   | 57-71<br>*                    | 72<br>Hf<br>Hafnio<br>178,492      | 73<br>Ta<br>Tantalio<br>180,948 | 74<br>W<br>Tungsteno<br>183,841 | 75<br>Re<br>Renio<br>186,207    | 76<br>Os<br>Osmio<br>190,233   | 77<br>Ir<br>Iridio<br>192,217   | 78<br>Pt<br>Platino<br>195,078  | 79<br>Au<br>Oro<br>196,966     | 80<br>Hg<br>Mercurio<br>200,592 | 81<br>Tl<br>Tallio<br>204,383   | 82<br>Pb<br>Piombo<br>207,21   | 83<br>Bi<br>Bismuto<br>208,980   | 84<br>Po<br>Polonio<br>(209)    | 85<br>At<br>Astatina<br>(210) | 86<br>Rn<br>Radon<br>(222)   |
| 87<br>Fr<br>Francio<br>(223)                                         | 88<br>Ra<br>Radio<br>(226)     | 89-103<br>**                  | 104<br>Rf<br>Rutherfordio<br>(261) | 105<br>Db<br>Dubnio<br>(262)    | 106<br>Sg<br>Seaborgio<br>(263) | 107<br>Bh<br>Bohrio<br>(264)    | 108<br>Hs<br>Hassio<br>(265)   | 109<br>Mt<br>Meitmerio<br>(268) | 110                             | 111                            | 112                             |                                 | 114                            |                                  | 116                             |                               | 118                          |

\* Lantanidi

\*\* Attinidi

|                                 |                              |                                     |                                 |                               |                                |                                |                                  |                               |                                  |                                 |                              |                                  |                               |                                 |
|---------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| 57<br>La<br>Lantanio<br>138,905 | 58<br>Ce<br>Cerio<br>140,116 | 59<br>Pr<br>Praseodimio<br>140,908  | 60<br>Nd<br>Neodimio<br>144,243 | 61<br>Pm<br>Prometeo<br>(145) | 62<br>Sm<br>Samario<br>150,363 | 63<br>Eu<br>Europio<br>151,964 | 64<br>Gd<br>Gadolinio<br>157,253 | 65<br>Tb<br>Terbio<br>158,925 | 66<br>Dy<br>Disprosio<br>162,503 | 67<br>Ho<br>Olmio<br>164,930    | 68<br>Er<br>Erbio<br>167,263 | 69<br>Tm<br>Tullio<br>168,934    | 70<br>Yb<br>Itrio<br>173,043  | 71<br>Lu<br>Lutezio<br>174,967  |
| 89<br>Ac<br>Attinio<br>(227)    | 90<br>Th<br>Torio<br>232,038 | 91<br>Pa<br>Protoattinio<br>231,036 | 92<br>U<br>Uranio<br>238,029    | 93<br>Np<br>Nettunio<br>(237) | 94<br>Pu<br>Plutonio<br>(244)  | 95<br>Am<br>Americio<br>(243)  | 96<br>Cm<br>Curio<br>(247)       | 97<br>Bk<br>Berkelio<br>(247) | 98<br>Cf<br>Californio<br>(251)  | 99<br>Es<br>Einsteinio<br>(252) | 100<br>Fm<br>Fermio<br>(257) | 101<br>Md<br>Mendelevio<br>(258) | 102<br>No<br>Nobelio<br>(259) | 103<br>Lw<br>Lawrencio<br>(262) |

The periodic table is organized into groups and periods. The groups are labeled at the top: 1, 2, 13, 14, 15, 16, 17, 18. The periods are labeled on the right: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. The elements are color-coded according to their properties:

- Metalli alcalini** (Alkali metals): Light blue (Group 1).
- Metalli alcalino-terrosi** (Alkaline earth metals): Purple (Group 2).
- Metalli di transizione** (Transition metals): Grey (Groups 3-10).
- Serie dei lantanidi** (Lanthanide series): Dark red (Period 6, Groups 3-14).
- Serie degli attinidi** (Actinide series): Red (Period 7, Groups 3-14).
- Altri metalli** (Other metals): Green (Groups 11-12).
- Non metalli** (Non-metals): Yellow (Groups 13-17).
- Gas nobili** (Noble gases): Brown (Group 18).

The elements are arranged in a grid, with the Lanthanide and Actinide series shown separately below the main table. The element Hydrogen (H) is circled in red in the top-left corner.

## IL SISTEMA PERIODICO IN FORMA MODERNA

La moderna Tavola Periodica degli elementi è stata ottenuta tenendo conto anche delle conoscenze della struttura atomica.

Essa ricalca, nelle linee essenziali, la precedente Tavola di Mendeleev, conservando la suddivisione in periodi e gruppi, ma si arricchisce ulteriormente di una struttura a blocchi.

**Corrispondenza della vecchia nomenclatura dei gruppi (in alto)  
con la nuova nomenclatura IUPAC (in basso).**

|        |         |          |         |        |         |          |          |          |          |        |         |          |         |        |         |          |    |
|--------|---------|----------|---------|--------|---------|----------|----------|----------|----------|--------|---------|----------|---------|--------|---------|----------|----|
| I<br>A | II<br>A | III<br>B | IV<br>B | V<br>B | VI<br>B | VII<br>B | VI<br>II | VII<br>I | VII<br>I | I<br>B | II<br>B | III<br>A | IV<br>A | V<br>A | VI<br>A | VII<br>A | O  |
| 1      | 2       | 3        | 4       | 5      | 6       | 7        | 8        | 9        | 10       | 11     | 12      | 13       | 14      | 15     | 16      | 17       | 18 |

**blocco s**

metalli alcalino-terrosi

1 H

3 Li 4 Be

11 Na 12 Mg

19 K 20 Ca

37 Rb 38 Sr

55 Cs 56 Ba

87 Fr 88 Ra

**blocco p**

gas nobili  
calcogeni alogeni

2 He

5 B 6 C 7 N 8 O 9 F 10 Ne

13 Al 14 Si 15 P 16 S 17 Cl 18 Ar

31 Ga 32 Ge 33 As 34 Se 35 Br 36 Kr

49 In 50 Sn 51 Sb 52 Te 53 I 54 Xe

81 Tl 82 Pb 83 Bi 84 Po 85 At 86 Rn

semimetalli

metalli di transizione

**blocco d**

21 Sc 22 Ti 23 V 24 Cr 25 Mn 26 Fe 27 Co 28 Ni 29 Cu 30 Zn

39 Y 40 Zr 41 Nb 42 Mo 43 Tc 44 Ru 45 Rh 46 Pd 47 Ag 48 Cd

57 La 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

89 Ac 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

metalli alcalini

**blocco f**

lanthanidi

actinidi

---

**TABELLA 2.3** I dieci elementi  
più abbondanti sulla crosta  
terrestre

| Posizione | Elemento  | Abbondanza<br>(ppm)* |
|-----------|-----------|----------------------|
| 1         | Ossigeno  | 474 000              |
| 2         | silicio   | 277 000              |
| 3         | Alluminio | 82 000               |
| 4         | Ferro     | 41 000               |
| 5         | Calcio    | 41 000               |
| 6         | Sodio     | 23 000               |
| 7         | Magnesio  | 23 000               |
| 8         | Potassio  | 21 000               |
| 9         | Titanio   | 5 600                |
| 10        | Idrogeno  | 1 520                |

---

\*ppm = g per 1000 kg.

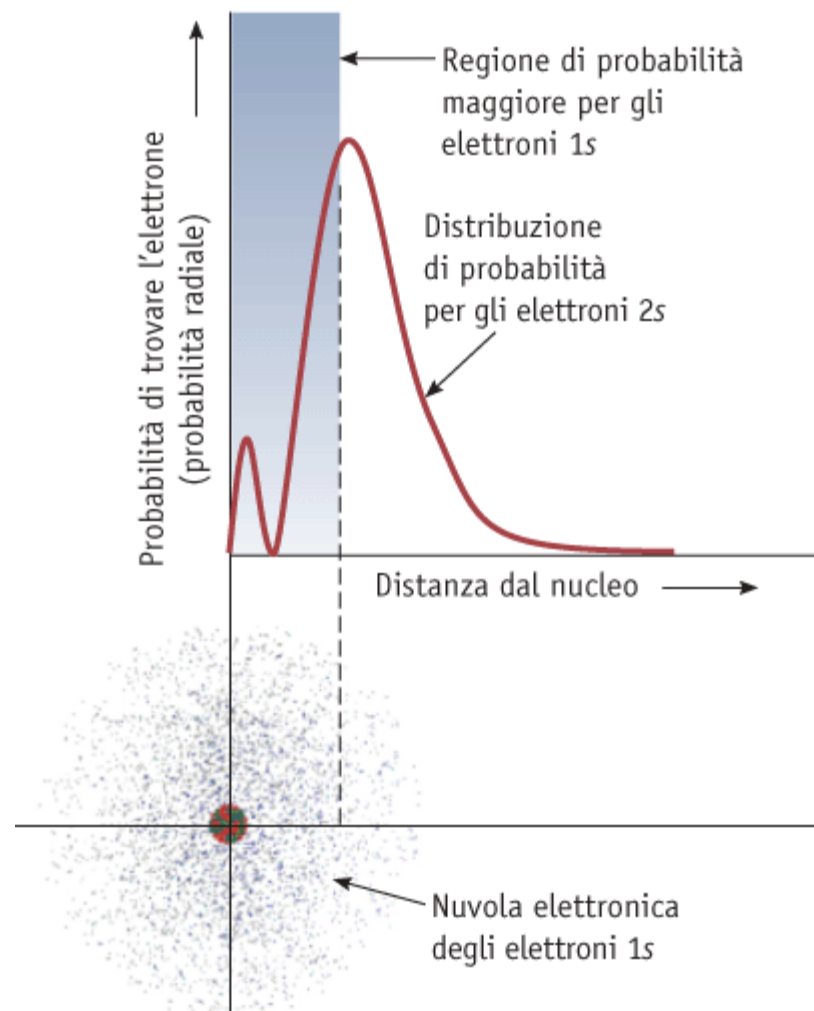
---

# Gli elementi essenziali

| Elementi                       | % in massa |
|--------------------------------|------------|
| Ossigeno                       | 65         |
| Carbonio                       | 18         |
| Idrogeno                       | 10         |
| Azoto                          | 3          |
| Calcio                         | 1.5        |
| Fosforo                        | 1.2        |
| Potassio, zolfo, cloro         | 0.2        |
| Sodio                          | 0.1        |
| Magnesio                       | 0.05       |
| Ferro, cob., rame, zinco,iodio | <0.05      |
| Selenio, fluoro                | <0.01      |

**TABELLA 7.2** Cariche nucleari effettive,  $Z^*$ , per gli elementi con  $n = 2$ .

| Atomo | $Z^*(2s)$ | $Z^*(2p)$ |
|-------|-----------|-----------|
| Li    | 1.28      |           |
| B     | 2.58      | 2.42      |
| C     | 3.22      | 3.14      |
| N     | 3.85      | 3.83      |
| O     | 4.49      | 4.45      |
| F     | 5.13      | 5.10      |



## Proprietà: Raggio Atomico

Gli atomi sono oggetti estremamente piccoli.

Per esprimere le loro dimensioni, le unità di misura sono:

Picometro =  $1\text{pm} = 10^{-12}$

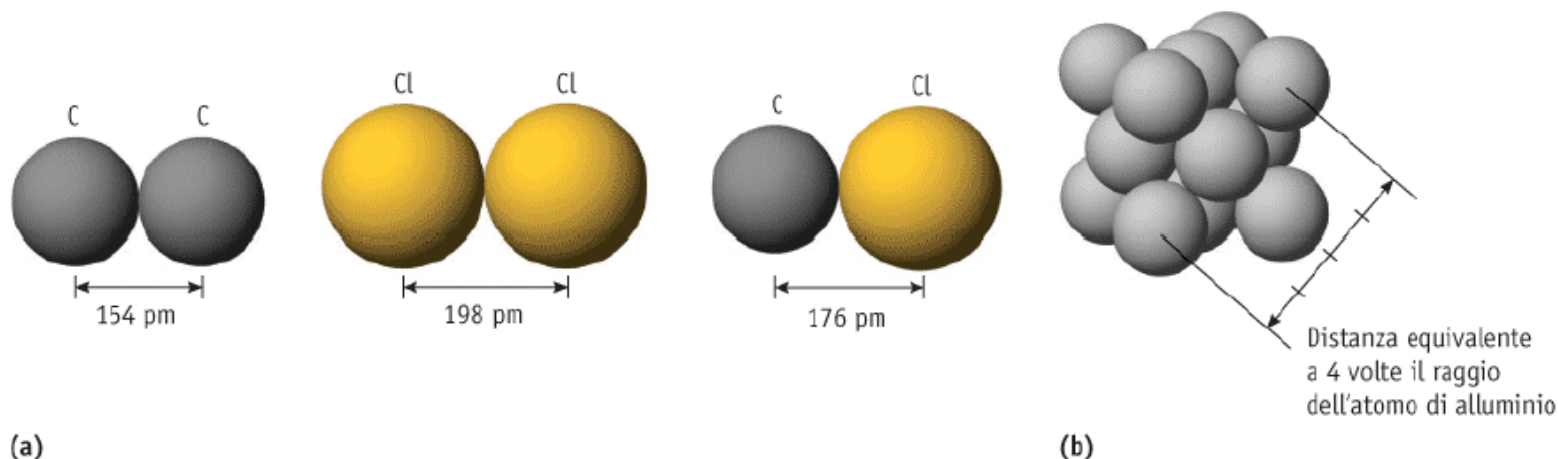
Angstrom =  $1\text{\AA} = 10^{-1}\text{ nm} = 10^{-8}\text{ cm}$

Osservando la tavola periodica osserviamo che:

- il raggio atomico diminuisce lungo un periodo (aumenta la carica nucleare);
- il raggio atomico aumenta lungo un gruppo (gli elettroni occupano livelli energetici più esterni).

| 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  |
|----|----|----|----|----|----|----|----|
| H  |    |    |    |    |    |    | He |
| Li | Be | B  | C  | N  | O  | F  | Ne |
| Na | Mg | Al | Si | P  | S  | Cl | Ar |
| K  | Ca | Ga | Ge | As | Se | Br | Kr |
| Rb | Sr | In | Sn | Sb | Te | I  | Xe |
| Cs | Ba | Tl | Pb | Bi | Po | At | Rn |

# raggio atomico



**Figura 8.10** Determinazione del raggio degli atomi. (a) La somma dei raggi atomici di C e di Cl fornisce una buona stima della distanza C—Cl in una molecola che ha questo legame. (b) Ogni sfera in questo minuscolo pezzo di cristallo di alluminio rappresenta un atomo di alluminio. Misurando, per esempio, la distanza indicata, uno scienziato può stimare il raggio di un atomo di alluminio.

La contrazione che si osserva da sx a dx in un periodo è dovuta all'aumento progressivo della carica nucleare effettiva che agisce sugli elettroni esterni.

(Più carica nel nucleo-stessa schermatura).

|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| H  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | He |
| Li | Be |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | B  | C  | N  | O  | F  | Ne |
| Na | Mg |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | Al | Si | P  | S  | Cl | Ar |
| K  | Ca | Sc | Ti | V  | Cr | Mn | Fe | Co | Ni | Cu | Zn | Ga | Ge | As | Se | Br | Kr |
| Rb | Sr | Y  | Zr | Nb | Mo | Tc | Ru | Rh | Pd | Ag | Cd | In | Sn | Sb | Te | I  | Xe |
| Cs | Ba | La | Hf | Ta | W  | Re | Os | Ir | Pt | Au | Hg | Tl | Pb | Bi | Po | At | Rn |
| Fr | Ra | Ac |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

L'elemento di dimensioni secondo, del K e in basso

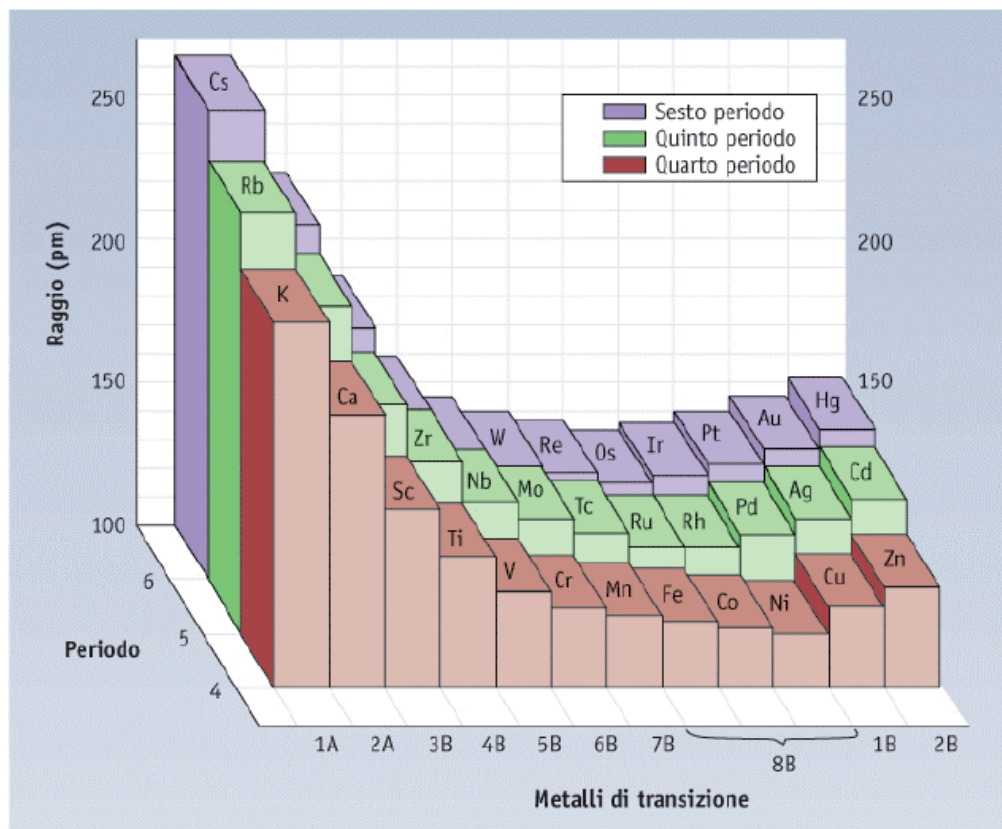
L'aumento di dimensioni scendendo dall'alto in basso in un gruppo è legato all'aumento del numero di elettroni che devono essere sistemati intorno al nucleo.

| 1                | 2                | 13               | 14               | 15               | 16               | 17               | 18                 |
|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--------------------|
| <i>H</i><br>37   |                  |                  |                  |                  |                  |                  | <i>He</i><br>(31)  |
| <i>Li</i><br>152 | <i>Be</i><br>113 | <i>B</i><br>83   | <i>C</i><br>77   | <i>N</i><br>75   | <i>O</i><br>73   | <i>F</i><br>71   | <i>Ne</i><br>(71)  |
| <i>Na</i><br>183 | <i>Mg</i><br>160 | <i>Al</i><br>143 | <i>Si</i><br>117 | <i>P</i><br>110  | <i>S</i><br>102  | <i>Cl</i><br>99  | <i>Ar</i><br>(97)  |
| <i>K</i><br>227  | <i>Ca</i><br>197 | <i>Ga</i><br>125 | <i>Ge</i><br>122 | <i>As</i><br>121 | <i>Se</i><br>117 | <i>Br</i><br>114 | <i>Kr</i><br>(110) |
| <i>Rb</i><br>247 | <i>Sr</i><br>215 | <i>In</i><br>163 | <i>Sn</i><br>140 | <i>Sb</i><br>141 | <i>Te</i><br>143 | <i>I</i><br>133  | <i>Xe</i><br>(130) |
| <i>Cs</i><br>265 | <i>Ba</i><br>217 | <i>Tl</i><br>170 | <i>Pb</i><br>175 | <i>Bi</i><br>155 |                  |                  |                    |

**Tabella 2.2**

Raggi atomici (metallici o covalenti), in picometri (pm), degli elementi dei gruppi principali.

# raggio atomico: i metalli di transizione



**Figura 8.12** Andamento dei raggi atomici per gli elementi di transizione. I raggi atomici dei metalli dei gruppi 1A e 2A e dei metalli di transizione del quarto, quinto e sesto periodo.

## Raggio ionico

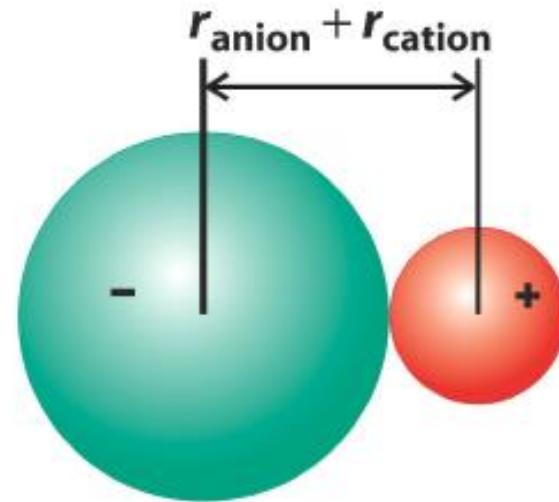
E' definito come il contributo specifico di uno ione alla distanza tra ioni contigui in un composto ionico solido

La distanza tra i centri di un catione e di un anione adiacenti vale la somma dei due raggi ionici.

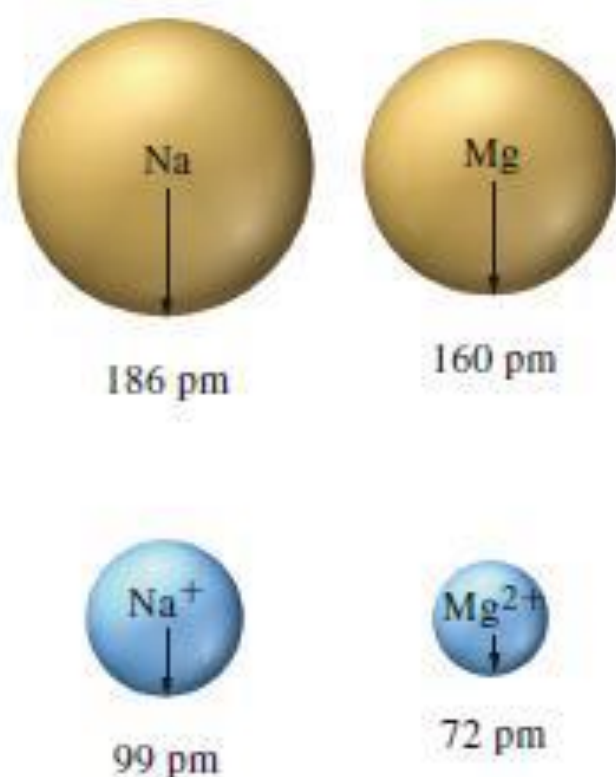
**Si assume che il raggio ionico dello ione ossido ( $\text{O}^{2-}$ ) sia 140 pm e si calcola il raggio degli altri ioni su tale base**

Ad es. in MgO la distanza tra i centri degli ioni adiacenti  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{O}^{2-}$  è 212 pm.

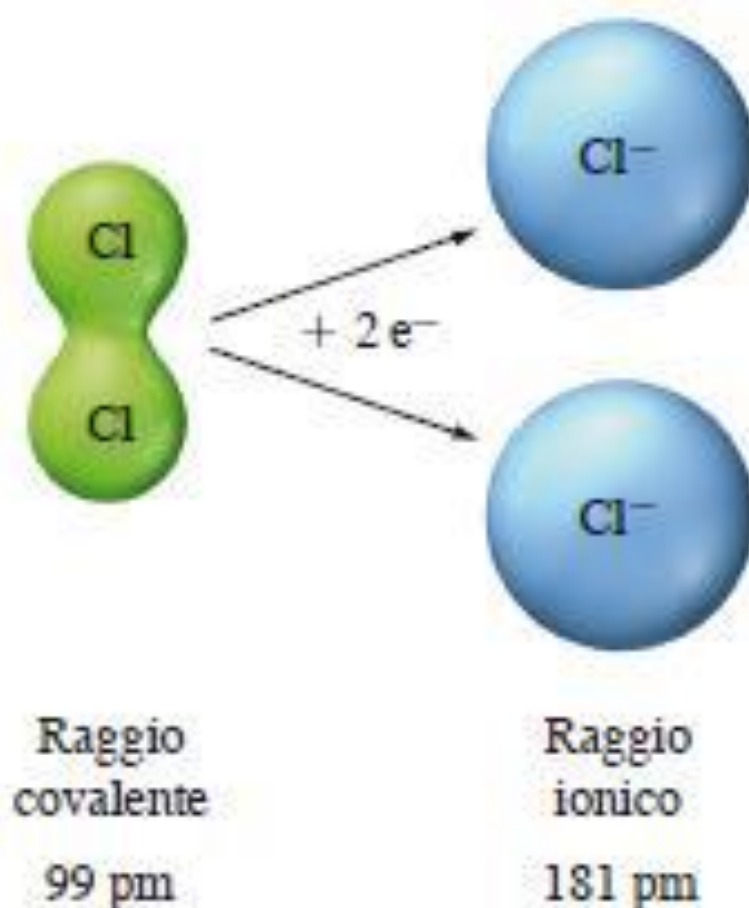
Il raggio di  $\text{Mg}^{2+}$  è  $212 - 140 = 72$  pm



**12 Ionic radius**

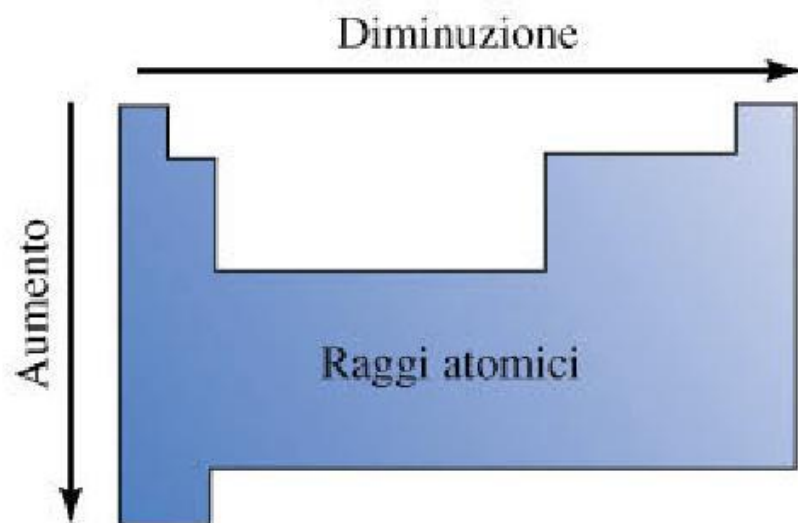


▲ FIGURA 9-7  
**Confronto tra dimensioni atomiche e ioniche**  
 Sono mostrati i raggi metallici per Na ed Mg ed i raggi ionici per Na<sup>+</sup> e Mg<sup>2+</sup>.

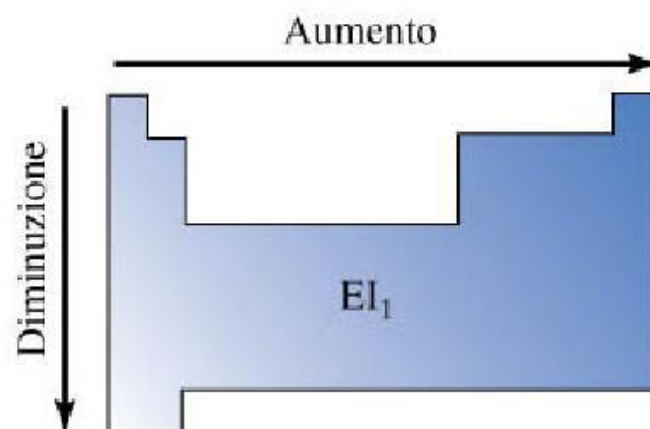


▲ FIGURA 9-8  
**Confronto tra raggi anionici e raggi covalenti**

## Andamenti delle proprietà periodiche.



Andamento generale del raggio atomico di elementi del gruppo A in funzione della posizione nella tavola periodica.



Andamento generale dell'energia di prima ionizzazione di elementi del gruppo A in funzione della posizione nella tavola periodica. Eccezioni compaiono nei Gruppi IIIA e VIA.



## Proprietà: Energia di Ionizzazione

Si chiama energia di prima ionizzazione l'energia richiesta per staccare un elettrone da un atomo neutro. Il processo di ionizzazione può essere indicato nel modo seguente:

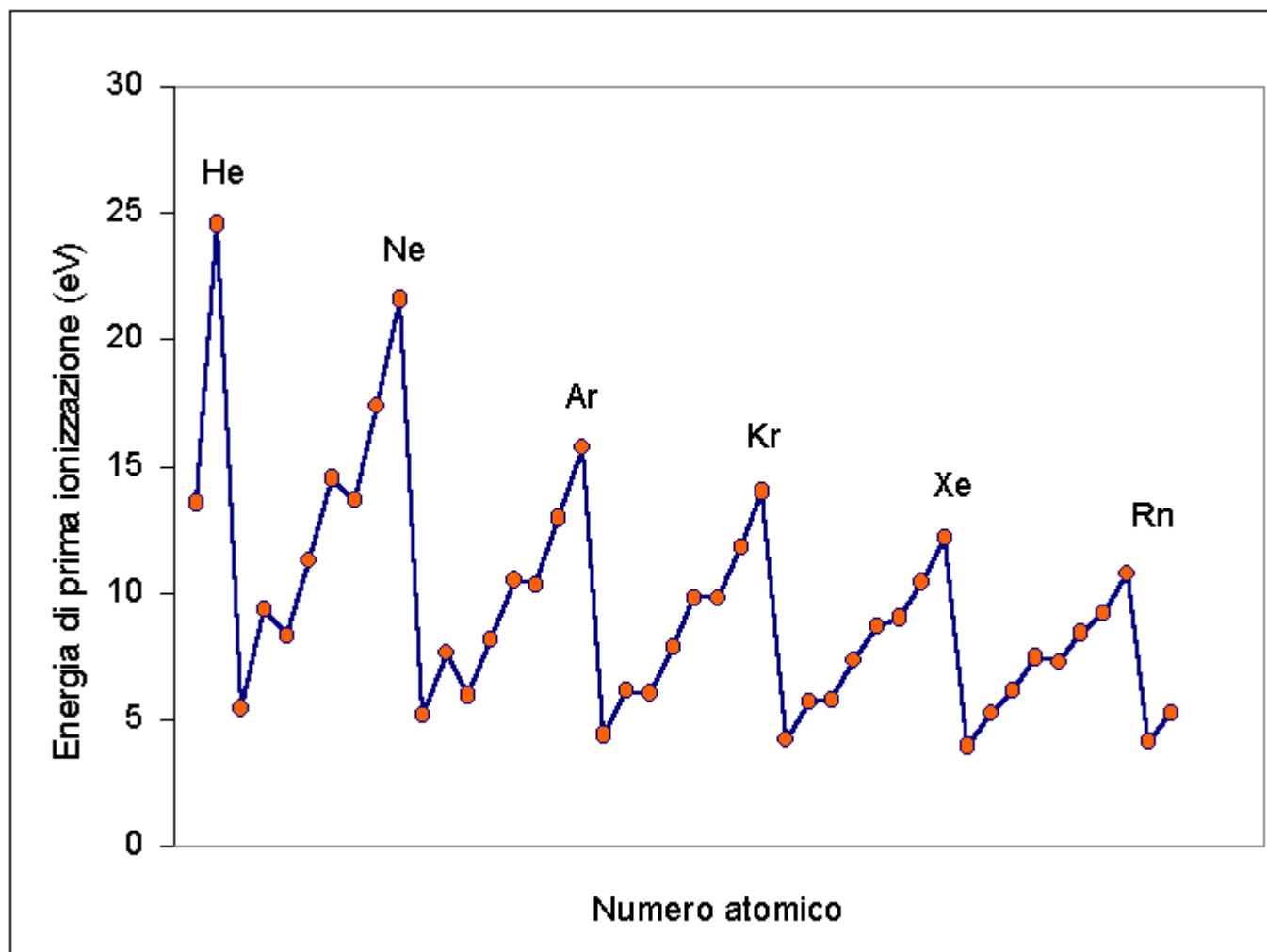


dove X rappresenta l'atomo di un elemento generico,  $X^+$  il corrispondente ione positivo,  $e^-$  l'elettrone rimosso.

Le energie di prima ionizzazione crescono da sinistra verso destra nell'ambito di un periodo, diminuiscono dall'alto verso il basso nell'interno di un gruppo.

Le energie di ionizzazione successive sono più elevate rispetto alla energia di prima ionizzazione.





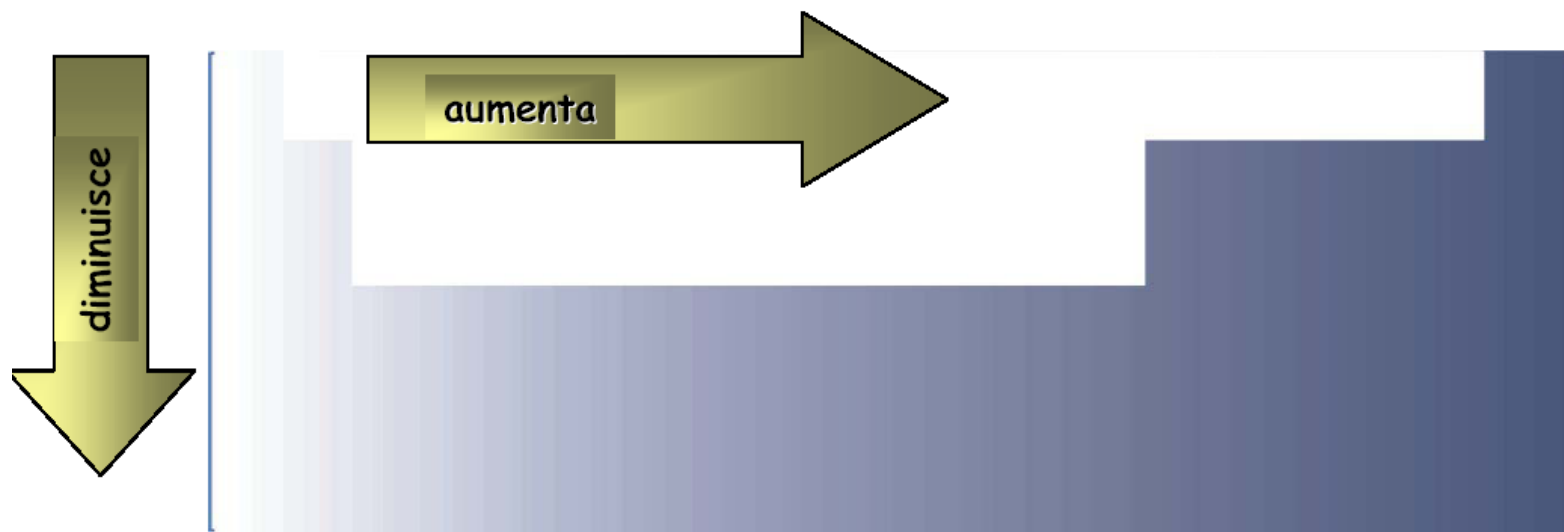
## Proprietà: Affinità elettronica

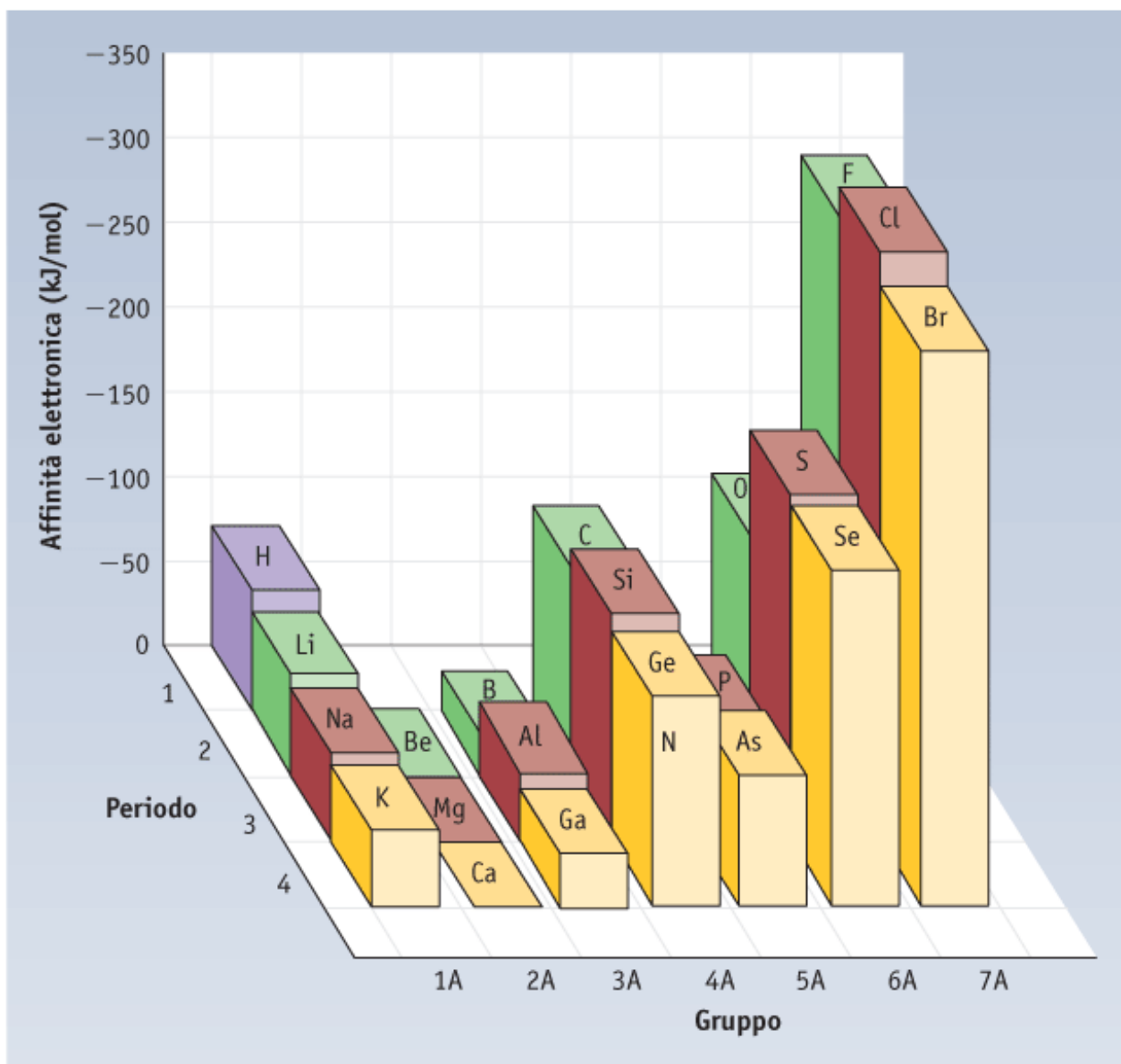
L'affinità elettronica esprime l'energia che si sviluppa quando un atomo (sotto forma di gas monoatomico) acquista un elettrone diventando uno ione negativo:



L'affinità elettronica aumenta all'aumentare dell'energia di ionizzazione: aumenta lungo un periodo e diminuisce lungo un gruppo. La maggior parte degli elementi che compongono la tavola periodica sono metalli. Gli altri (i non metalli) hanno proprietà diverse e, in particolare gli alogeni hanno una elevata affinità elettronica.

*L'affinità elettronica* misura la tendenza che ha un atomo neutro ad attrarre a sé un elettrone e diventare uno ione negativo



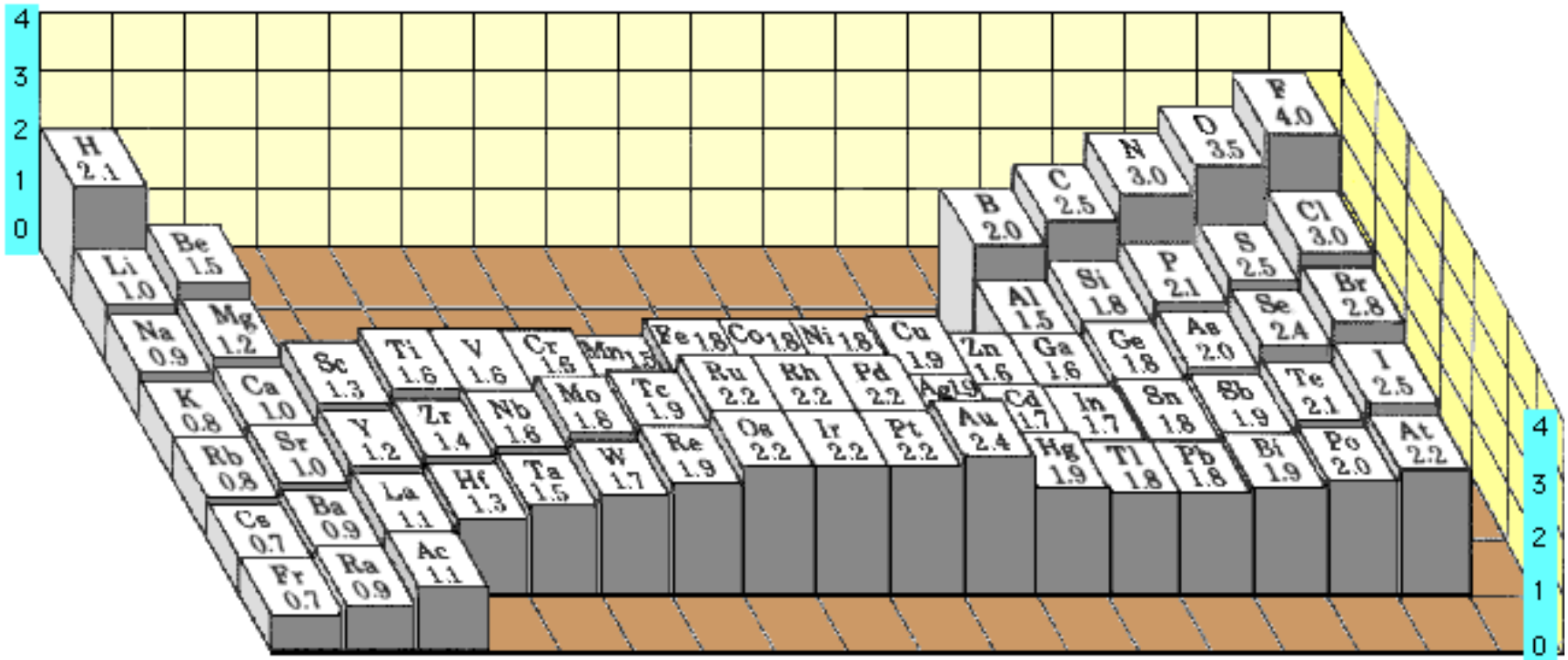


## Elettronegatività

Si definisce elettronegatività di un atomo la sua tendenza ad attrarre verso di sé i cosiddetti elettroni di legame, ossia gli elettroni che lo tengono unito ad un altro atomo per formare una molecola.

L'elettronegatività dipende dall'energia di ionizzazione e dall'affinità elettronica, perciò: un atomo che ha una bassa energia di ionizzazione e una bassa affinità elettronica tende a cedere piuttosto che ad acquistare elettroni (come nel caso degli elementi del Gruppo IA); al contrario, un atomo che ha una elevata energia di ionizzazione e una elevata affinità elettronica, tende ad acquistare piuttosto che a cedere elettroni (è il caso, ad esempio, degli elementi del Gruppo VIIA).

**L'elettronegatività aumenta lungo un periodo e diminuisce lungo un gruppo.**



L'elettronegatività é espressa da numeri adimensionali: agli elementi più elettronegativi spettano i valori più elevati.

La scala dei valori di elettronegatività più famosa e più utilizzata è quella proposta dal chimico statunitense L. Pauling nel 1932.

Sia l'energia di ionizzazione che l'affinità elettronica forniscono utili indicazioni sul modo di comportarsi degli atomi singoli, isolati, dei vari elementi nei confronti degli elettroni. Solo gli elementi del Gruppo VIIIA hanno una configurazione elettronica tale che gli atomi tendono a conservare inalterata la propria struttura, rifiutando sia la cessione sia l'acquisto di elettroni cioè, hanno elevata energia di ionizzazione e bassissima affinità elettronica.



Alcuni elementi: Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, Ar



Charles D. Winters

Alcuni metalli di transizione (da sinistra a destra): Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu.