

# Materia e struttura atomica

Capitoli 1 e 2 del TRO EdiSES

# L'istruzione

L'istruzione ha prodotto un gran numero di persone capaci di leggere, ma: **SAPETE** distinguere ciò che merita di essere letto dal resto?

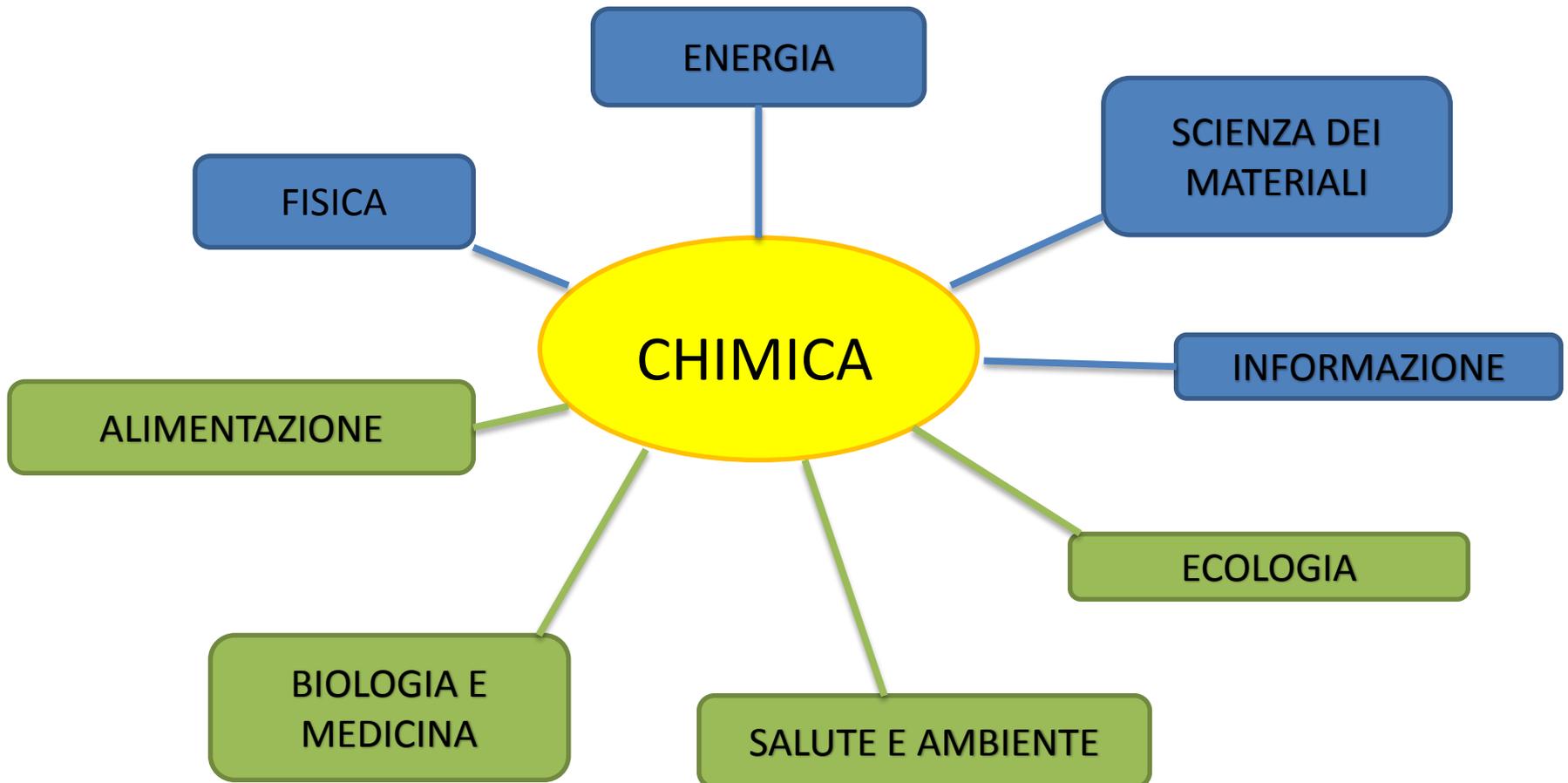


Esperimenti, osservazioni e manipolazioni avvengono nel mondo macroscopico

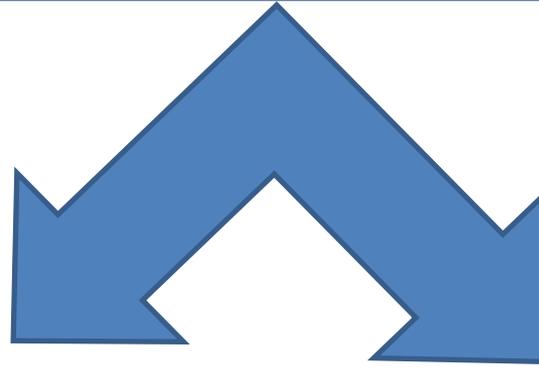
Atomi, molecole e ioni sono in un mondo microscopico e non possono essere visti. Ma non meno reali per questo!

**Il chimico conduce esperimenti a livello macroscopico, fa i ragionamenti a livello microscopico o particellare e rappresenta i risultati delle osservazioni in modo simbolico**

## La Chimica è una scienza centrale:



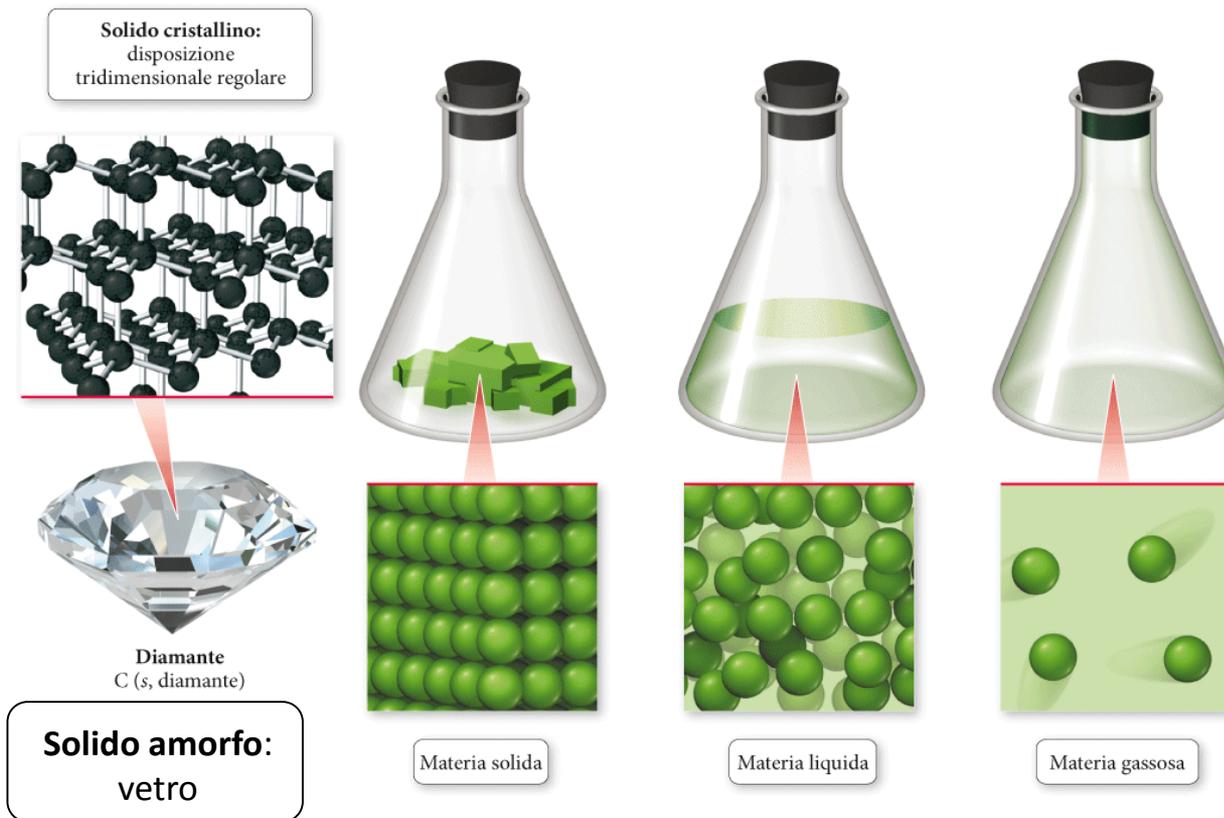
La **MATERIA** è tutto ciò che occupa spazio  
e che ha una massa



**Stato fisico**

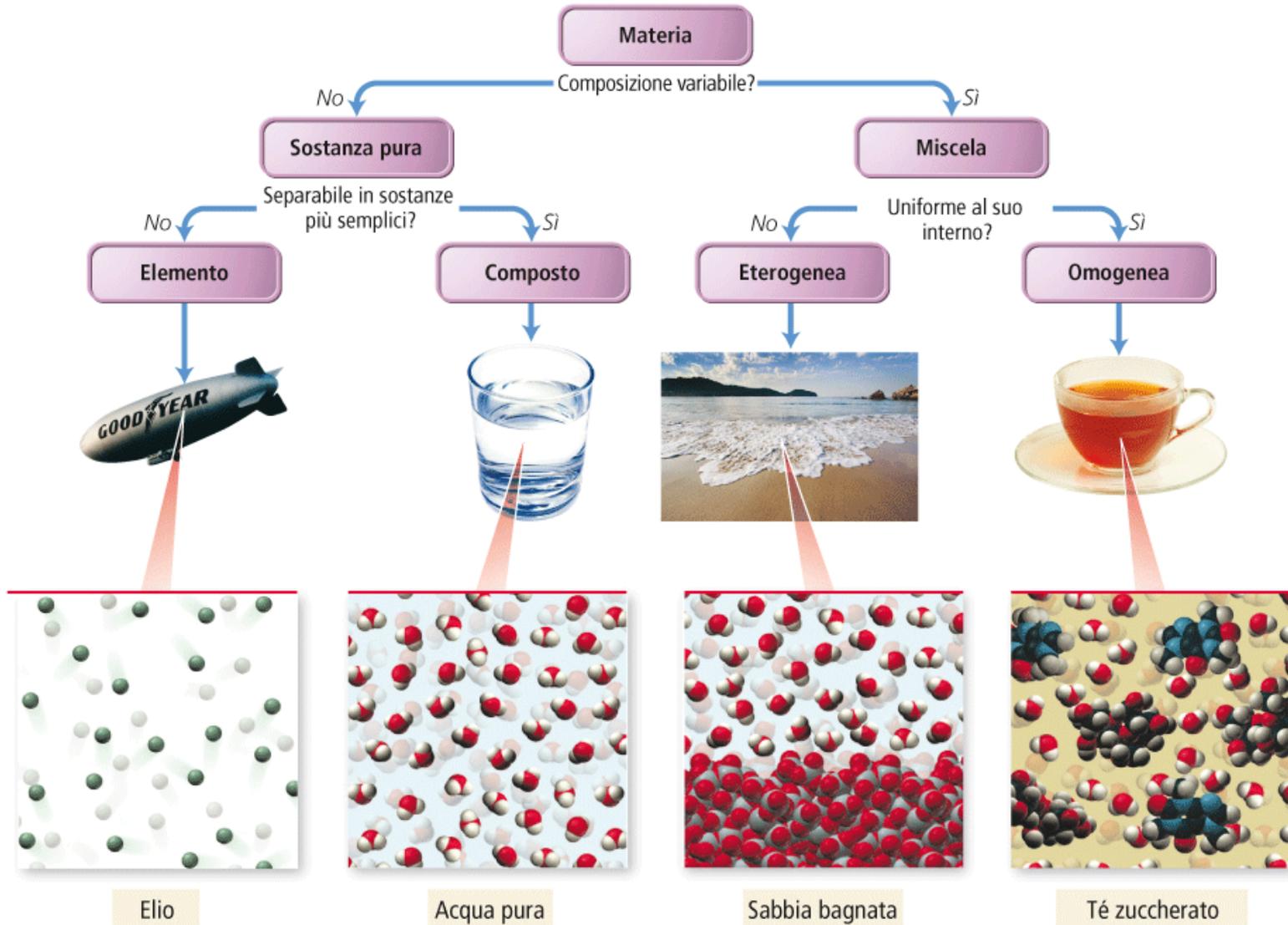
**Composizione**

# Classificazione della materia secondo lo stato fisico



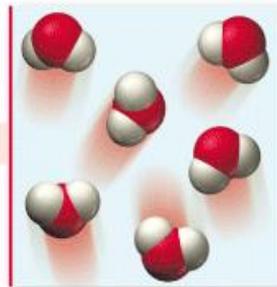
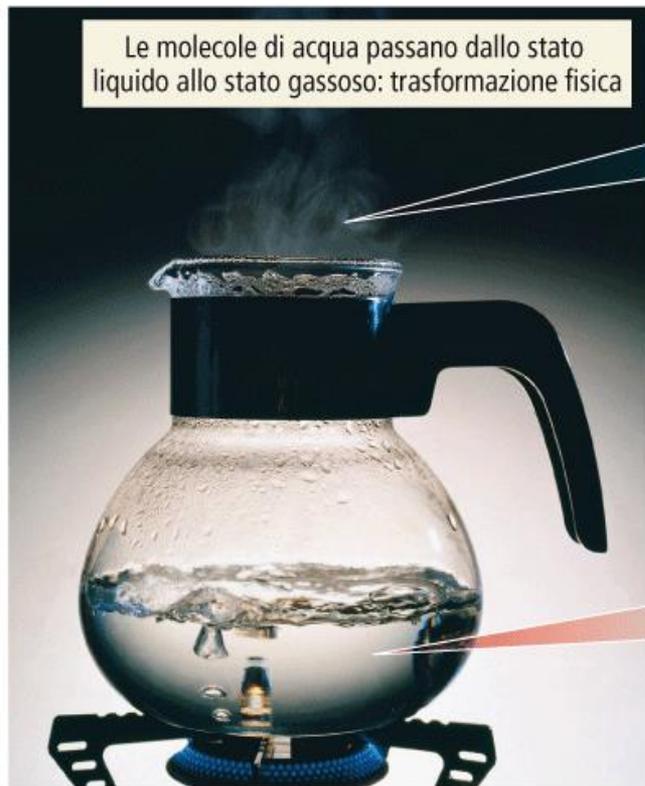
	Solido	Liquido	Gas
<b>Atomi/ molecole</b>	Posizioni fisse (a meno di vibrazioni)	Più liberi di muoversi rispetto al solido	Più liberi di muoversi rispetto al liquido
<b>Volume</b>	Fisso	Fisso	Variabile
<b>Forma</b>	Rigida	Variabile	Variabile

# Classificazione della materia secondo la composizione



# Trasformazione fisica

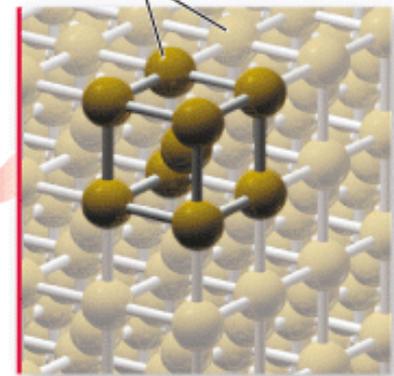
cambia lo stato fisico,  
NON cambia la composizione



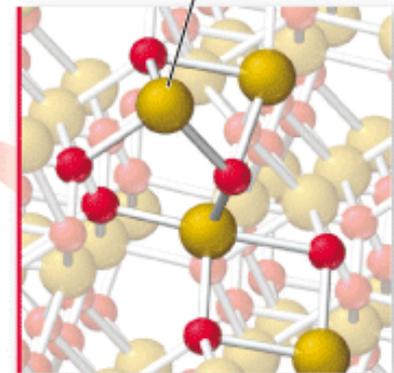
# Trasformazione chimica

atomi di ferro si combinano con atomi di ossigeno per formare una diversa sostanza chimica (ruggine)

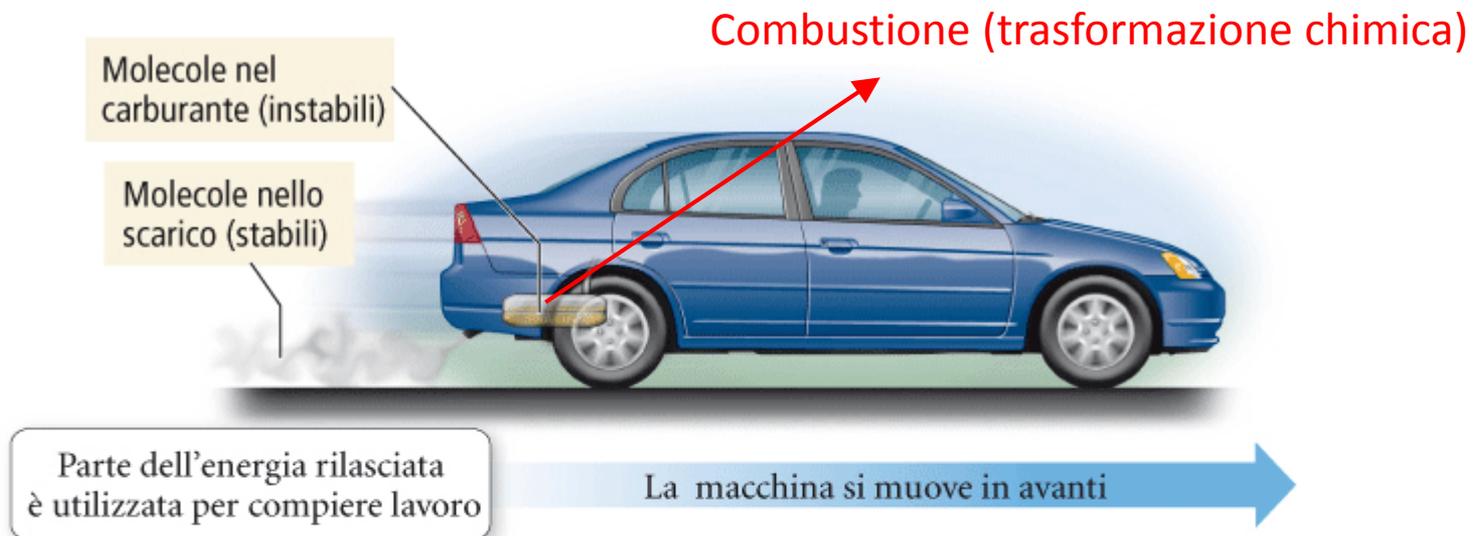
Atomi di ferro



Ossido di ferro (ruggine)



# L'energia è componente fondamentale di ogni trasformazione



▲ **FIGURA 1.10** Utilizzo dell'energia chimica per compiere lavoro I composti prodotti quando il carburante brucia hanno meno energia potenziale chimica delle molecole di carburante.



N. J. Tro  
Chimica - II Ed.  
EdISES

Legge di conservazione dell'energia

# Grandezze fondamentali nel Sistema Internazionale (SI)

<b>Grandezza fisica</b>	<b>Simbolo della grandezza</b>	<b>Nome dell'unità di misura</b>	<b>Simbolo dell'unità di misura</b>
lunghezza	l	metro	m
massa	m	kilogrammo	kg
tempo	t	secondo	s
corrente elettrica	I	ampere	A
temperatura	T	kelvin	K
quantità di sostanza	n	mole	mol
intensità luminosa	iv	candela	cd

# Alcuni prefissi utili

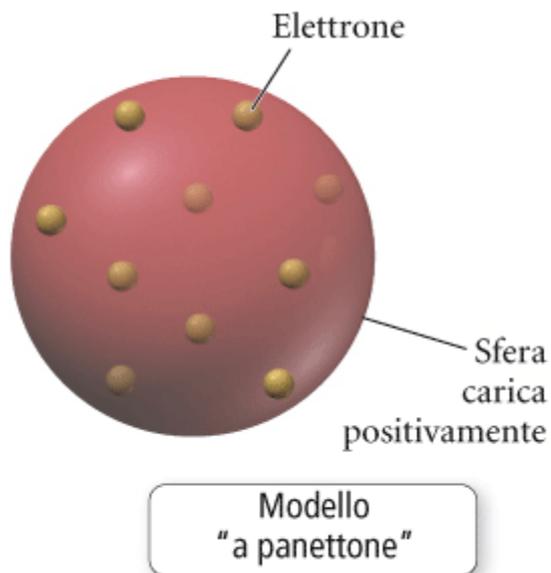
Notazione scientifica	Prefisso	Simbolo	Nome corrente	Equivalente decimale
$10^9$	Giga	G	Miliardo	1'000'000'000
$10^6$	Mega	M	Milione	1'000'000
$10^3$	Kilo	k	Mille	1'000
$10^{-2}$	Centi	c	Centesimo	0.01
$10^{-3}$	Milli	m	Millesimo	0.001
$10^{-6}$	Micro	$\mu$	Milionesimo	0.000001
$10^{-9}$	Nano	n	Miliardesimo	0.000000001

# TEORIA ATOMICA DI DALTON

- ✓ CIASCUN ELEMENTO E' FORMATO DA PARTICELLE PICCOLE CHIAMATE **ATOMI**
- ✓ TUTTI GLI ATOMI DI UNO **STESSO ELEMENTO** SONO **IDENTICI**
- ✓ I COMPOSTI SONO FORMATI DA ELEMENTI DIVERSI IN **PROPORZIONI DEFINITE**. SE DUE ELEMENTI POSSONO COMBINARSI PER DARE PIU' DI UN COMPOSTO, LE MASSE DI UN ELEMENTO CHE SI COMBINANO CON 1 g DELL'ALTRO, MESSE IN RAPPORTO, DANNO UN NUMERO INTERO E PICCOLO (LEGGE DELLE **PROPORZIONI MULTIPLE**)
- ✓ UNA **REAZIONE CHIMICA** PREVEDE **COMBINAZIONE E RIARRANGIAMENTO DI ATOMI**. NON E' LA CREAZIONE DAL NULLA NE' LA LORO DISTRUZIONE (LEGGE DI **CONSERVAZIONE DELLA MASSA**)

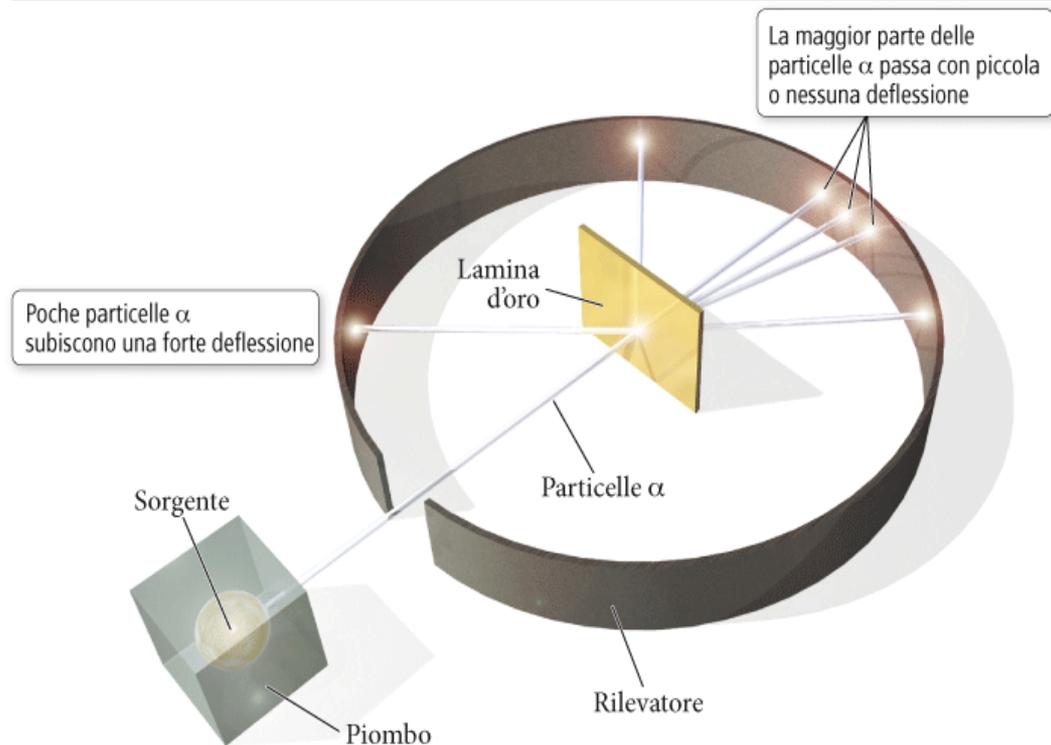
# ATOMO HA STRUTTURA INTERNA

## MODELLO DI THOMSON



Elettroni (negativi) sono contenuti in una sfera omogenea con carica positiva

## MODELLO DI RUTHERFORD



Gran parte dello spazio di un atomo è vuoto  
La massa e la carica positiva sono nel nucleo

# Principali costituenti dell'atomo sono:

**TABELLA 2.1** Particelle subatomiche

	Massa (kg)	Massa (u)	Carica (relativa)	Carica (C)
Protone	$1.67262 \times 10^{-27}$	1.00727	+1	$+1.60218 \times 10^{-19}$
Neutrone	$1.67493 \times 10^{-27}$	1.00866	0	0
Elettrone	$0.00091 \times 10^{-27}$	0.00055	-1	$-1.60218 \times 10^{-19}$

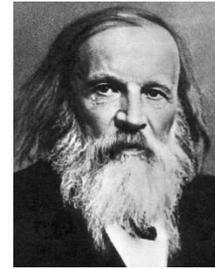
- Protoni e neutroni costituiscono il **nucleo**. Hanno massa simile.
- Elettroni carichi negativamente circondano il nucleo e sono dispersi nel volume dell'atomo che per la maggior parte è vuoto
- L'atomo è elettricamente neutro. Il numero di protoni è uguale al numero di elettroni

**1 u = 1 unità di massa atomica =  $1.67 \times 10^{-27}$  kg**



Se il protone avesse la massa di una palla da baseball, un elettrone avrebbe la massa di un chicco di riso.

# Gli elementi di cui è fatto il mondo



## Periodic Table of the Elements

1 <b>H</b> Hydrogen 1.008																	2 <b>He</b> Helium 4.002602						
3 <b>Li</b> Lithium 6.94	4 <b>Be</b> Beryllium 9.0121831																	5 <b>B</b> Boron 10.81	6 <b>C</b> Carbon 12.011	7 <b>N</b> Nitrogen 14.007	8 <b>O</b> Oxygen 15.999	9 <b>F</b> Fluorine 18.998403153	10 <b>Ne</b> Neon 20.1797
11 <b>Na</b> Sodium 22.98976928	12 <b>Mg</b> Magnesium 24.305																	13 <b>Al</b> Aluminium 26.9815385	14 <b>Si</b> Silicon 28.085	15 <b>P</b> Phosphorus 30.973761998	16 <b>S</b> Sulfur 32.06	17 <b>Cl</b> Chlorine 35.45	18 <b>Ar</b> Argon 39.948
19 <b>K</b> Potassium 39.0983	20 <b>Ca</b> Calcium 40.078	21 <b>Sc</b> Scandium 44.955908	22 <b>Ti</b> Titanium 47.867	23 <b>V</b> Vanadium 50.9415	24 <b>Cr</b> Chromium 51.9961	25 <b>Mn</b> Manganese 54.938044	26 <b>Fe</b> Iron 55.845	27 <b>Co</b> Cobalt 58.933194	28 <b>Ni</b> Nickel 58.6934	29 <b>Cu</b> Copper 63.546	30 <b>Zn</b> Zinc 65.38	31 <b>Ga</b> Gallium 69.723	32 <b>Ge</b> Germanium 72.630	33 <b>As</b> Arsenic 74.921595	34 <b>Se</b> Selenium 78.971	35 <b>Br</b> Bromine 79.904	36 <b>Kr</b> Krypton 83.798						
37 <b>Rb</b> Rubidium 85.4678	38 <b>Sr</b> Strontium 87.62	39 <b>Y</b> Yttrium 88.90584	40 <b>Zr</b> Zirconium 91.224	41 <b>Nb</b> Niobium 92.90637	42 <b>Mo</b> Molybdenum 95.95	43 <b>Tc</b> Technetium (98)	44 <b>Ru</b> Ruthenium 101.07	45 <b>Rh</b> Rhodium 102.90550	46 <b>Pd</b> Palladium 106.42	47 <b>Ag</b> Silver 107.8682	48 <b>Cd</b> Cadmium 112.414	49 <b>In</b> Indium 114.818	50 <b>Sn</b> Tin 118.710	51 <b>Sb</b> Antimony 121.760	52 <b>Te</b> Tellurium 127.60	53 <b>I</b> Iodine 126.90447	54 <b>Xe</b> Xenon 131.293						
55 <b>Cs</b> Caesium 132.90545196	56 <b>Ba</b> Barium 137.327	57 - 71 Lanthanoids	72 <b>Hf</b> Hafnium 178.49	73 <b>Ta</b> Tantalum 180.94788	74 <b>W</b> Tungsten 183.84	75 <b>Re</b> Rhenium 186.207	76 <b>Os</b> Osmium 190.23	77 <b>Ir</b> Iridium 192.227	78 <b>Pt</b> Platinum 195.084	79 <b>Au</b> Gold 196.966569	80 <b>Hg</b> Mercury 200.592	81 <b>Tl</b> Thallium 204.38	82 <b>Pb</b> Lead 207.2	83 <b>Bi</b> Bismuth 208.98040	84 <b>Po</b> Polonium (209)	85 <b>At</b> Astatine (210)	86 <b>Rn</b> Radon (222)						
87 <b>Fr</b> Francium (223)	88 <b>Ra</b> Radium (226)	89 - 103 Actinoids	104 <b>Rf</b> Rutherfordium (261)	105 <b>Db</b> Dubnium (268)	106 <b>Sg</b> Seaborgium (269)	107 <b>Bh</b> Bohrium (270)	108 <b>Hs</b> Hassium (269)	109 <b>Mt</b> Meitnerium (278)	110 <b>Ds</b> Darmstadtium (281)	111 <b>Rg</b> Roentgenium (282)	112 <b>Cn</b> Copernicium (285)	113 <b>Nh</b> Nihonium (286)	114 <b>Fl</b> Flerovium (289)	115 <b>Mc</b> Moscovium (289)	116 <b>Lv</b> Livermorium (293)	117 <b>Ts</b> Tennessine (294)	118 <b>Og</b> Oganesson (294)						
57 <b>La</b> Lanthanum 138.90547	58 <b>Ce</b> Cerium 140.16	59 <b>Pr</b> Praseodymium 140.90766	60 <b>Nd</b> Neodymium 144.242	61 <b>Pm</b> Promethium (145)	62 <b>Sm</b> Samarium 150.36	63 <b>Eu</b> Europium 151.964	64 <b>Gd</b> Gadolinium 157.25	65 <b>Tb</b> Terbium 158.92535	66 <b>Dy</b> Dysprosium 162.500	67 <b>Ho</b> Holmium 164.93033	68 <b>Er</b> Erbium 167.259	69 <b>Tm</b> Thulium 168.93422	70 <b>Yb</b> Ytterbium 173.045	71 <b>Lu</b> Lutetium 174.9668									
89 <b>Ac</b> Actinium (227)	90 <b>Th</b> Thorium 232.0377	91 <b>Pa</b> Protactinium 231.03688	92 <b>U</b> Uranium 238.02891	93 <b>Np</b> Neptunium (237)	94 <b>Pu</b> Plutonium (244)	95 <b>Am</b> Americium (243)	96 <b>Cm</b> Curium (247)	97 <b>Bk</b> Berkelium (247)	98 <b>Cf</b> Californium (251)	99 <b>Es</b> Einsteinium (252)	100 <b>Fm</b> Fermium (257)	101 <b>Md</b> Mendelevium (258)	102 <b>No</b> Nobelium (259)	103 <b>Lr</b> Lawrencium (260)									

Fino al 1990, tutto ciò che c'era in un'abitazione era costituito da meno di 20 elementi. Oggi in uno smartphone ci sono circa 40 elementi!

# PERIODIC TABLE OF THE ELEMENTS

## Table of Radioactive Isotopes

Naturally occurring radioactive isotopes are indicated by a blue mass number. Half lives are in parentheses where s, m, h, d and y stand for seconds, minutes, hours, days and years respectively. The symbols describing the mode of decay and resulting radiation are defined as follows:

α alpha particle L L-electron capture  
β beta particle SF spontaneous fission  
p positron γ gamma ray  
K K-electron capture e<sup>-</sup> internal electron conversion

### GROUP IA

1	1.00797
1	H
2	2.016
3	3.016049
4	4.002602
5	5.008450
6	6.011189
7	7.016132
8	8.005907
9	9.012182
10	10.012839
11	11.008710
12	12.009613
13	13.003354
14	14.003074
15	15.003069
16	16.005478
17	17.004539
18	18.004471
19	19.001063
20	20.015942
21	21.012896
22	22.017578
23	23.017503
24	24.026017
25	25.017583
26	26.014922
27	27.027829
28	28.015979
29	29.063176
30	30.076215
31	31.073762
32	32.061855
33	33.073215
34	34.082897
35	35.087266
36	36.047389
37	37.046709
38	38.061231
39	39.096379
40	40.078310
41	41.078241
42	42.010571
43	43.020713
44	44.015390
45	45.022406
46	46.025410
47	47.026420
48	48.024612
49	49.024581
50	50.023442
51	51.023384
52	52.022063
53	53.021531
54	54.020623
55	55.020622
56	56.020398
57	57.020327
58	58.020273
59	59.020262
60	60.020339
61	61.020340
62	62.020277
63	63.020268
64	64.020262
65	65.020262
66	66.020262
67	67.020262
68	68.020262
69	69.020262
70	70.020262
71	71.020262
72	72.020262
73	73.020262
74	74.020262
75	75.020262
76	76.020262
77	77.020262
78	78.020262
79	79.020262
80	80.020262
81	81.020262
82	82.020262
83	83.020262
84	84.020262
85	85.020262
86	86.020262
87	87.020262
88	88.020262
89	89.020262
90	90.020262
91	91.020262
92	92.020262
93	93.020262
94	94.020262
95	95.020262
96	96.020262
97	97.020262
98	98.020262
99	99.020262
100	100.020262
101	101.020262
102	102.020262
103	103.020262
104	104.020262

2	4.0026
3	6.939
4	9.0122
5	10.811
6	12.01115
7	14.0067
8	15.9994
9	18.9984
10	20.183
11	22.9898
12	24.312
13	26.9815
14	28.086
15	30.9738
16	32.064
17	35.453
18	39.948
19	39.102
20	40.08
21	44.956
22	47.90
23	50.942
24	51.996
25	54.938
26	55.847
27	58.933
28	58.71
29	63.54
30	65.37
31	69.72
32	72.59
33	74.922
34	78.96
35	79.905
36	83.80
37	85.47
38	87.62
39	88.905
40	91.22
41	92.906
42	95.94
43	98
44	101.07
45	102.905
46	106.4
47	107.870
48	112.40
49	114.82
50	118.69
51	121.73
52	127.60
53	126.904
54	131.30
55	132.905
56	137.24
57	138.91
72	178.49
73	180.948
74	183.85
75	186.2
76	190.2
77	192.2
78	195.09
79	196.967
80	200.59
81	204.37
82	207.19
83	208.980
84	(210)
85	(210)
86	(222)
87	(223)
88	(226)
89	(227)
104	(261)

1	1.00797
2	2.016
3	3.016049
4	4.002602
5	5.008450
6	6.011189
7	7.016132
8	8.005907
9	9.012182
10	10.012839
11	11.008710
12	12.009613
13	13.003354
14	14.003074
15	15.003069
16	16.005478
17	17.004539
18	18.004471
19	19.001063
20	20.015942
21	21.012896
22	22.017578
23	23.017503
24	24.026017
25	25.017583
26	26.014922
27	27.027829
28	28.015979
29	29.063176
30	30.076215
31	31.073762
32	32.061855
33	33.073215
34	34.082897
35	35.087266
36	36.047389
37	37.046709
38	38.061231
39	39.096379
40	40.078310
41	41.078241
42	42.010571
43	43.020713
44	44.015390
45	45.022406
46	46.025410
47	47.026420
48	48.024612
49	49.024581
50	50.023442
51	51.023384
52	52.022063
53	53.021531
54	54.020623
55	55.020622
56	56.020398
57	57.020327
58	58.020273
59	59.020262
60	60.020339
61	61.020340
62	62.020277
63	63.020268
64	64.020262
65	65.020262
66	66.020262
67	67.020262
68	68.020262
69	69.020262
70	70.020262
71	71.020262
72	72.020262
73	73.020262
74	74.020262
75	75.020262
76	76.020262
77	77.020262
78	78.020262
79	79.020262
80	80.020262
81	81.020262
82	82.020262
83	83.020262
84	84.020262
85	85.020262
86	86.020262
87	87.020262
88	88.020262
89	89.020262
90	90.020262
91	91.020262
92	92.020262
93	93.020262
94	94.020262
95	95.020262
96	96.020262
97	97.020262
98	98.020262
99	99.020262
100	100.020262
101	101.020262
102	102.020262
103	103.020262
104	104.020262

1	1.00797
2	2.016
3	3.016049
4	4.002602
5	5.008450
6	6.011189
7	7.016132
8	8.005907
9	9.012182
10	10.012839
11	11.008710
12	12.009613
13	13.003354
14	14.003074
15	15.003069
16	16.005478
17	17.004539
18	18.004471
19	19.001063
20	20.015942
21	21.012896
22	22.017578
23	23.017503
24	24.026017
25	25.017583
26	26.014922
27	27.027829
28	28.015979
29	29.063176
30	30.076215
31	31.073762
32	32.061855
33	33.073215
34	34.082897
35	35.087266
36	36.047389
37	37.046709
38	38.061231
39	39.096379
40	40.078310
41	41.078241
42	42.010571
43	43.020713
44	44.015390
45	45.022406
46	46.025410
47	47.026420
48	48.024612
49	49.024581
50	50.023442
51	51.023384
52	52.022063
53	53.021531
54	54.020623
55	55.020622
56	56.020398
57	57.020327
58	58.020273
59	59.020262
60	60.020339
61	61.020340
62	62.020277
63	63.020268
64	64.020262
65	65.020262
66	66.020262
67	67.020262
68	68.020262
69	69.020262
70	70.020262
71	71.020262
72	72.020262
73	73.020262
74	74.020262
75	75.020262
76	76.020262
77	77.020262
78	78.020262
79	79.020262
80	80.020262
81	81.020262
82	82.020262
83	83.020262
84	84.020262
85	85.020262
86	86.020262
87	87.020262
88	88.020262
89	89.020262
90	90.020262
91	91.020262
92	92.020262
93	93.020262
94	94.020262
95	95.020262
96	96.020262
97	97.020262
98	98.020262
99	99.020262
100	100.020262
101	101.020262
102	102.020262
103	103.020262
104	104.020262

1	1.00797
2	2.016
3	3.016049
4	4.002602
5	5.008450
6	6.011189
7	7.016132
8	8.005907
9	9.012182
10	10.012839
11	11.008710
12	12.009613
13	13.003354
14	14.003074
15	15.003069
16	16.005478
17	17.004539
18	18.004471
19	19.001063
20	20.015942
21	21.012896
22	22.017578
23	23.017503
24	24.026017
25	25.017583
26	26.014922
27	27.027829
28	28.015979
29	29.063176
30	30.076215
31	31.073762
32	32.061855
33	33.073215
34	34.082897
35	35.087266
36	36.047389
37	37.046709
38	38.061231
39	39.096379
40	40.078310
41	41.078241
42	42.010571
43	43.020713
44	44.015390
45	45.022406
46	46.025410
47	47.026420
48	48.024612
49	49.024581
50	50.023442
51	51.023384
52	52.022063
53	53.021531
54	54.020623
55	55.020622
56	56.020398
57	57.020327
58	58.020273
59	59.020262
60	60.020339
61	61.020340
62	62.020277
63	63.020268
64	64.020262
65	65.020262
66	66.020262
67	67.020262
68	68.020262
69	69.020262
70	70.020262
71	71.020262
72	72.020262
73	73.020262
74	74.020262
75	75.020262
76	76.020262
77	77.020262
78	78.020262
79	79.020262
80	80.020262
81	81.020262
82	

Il *numero di protoni nel nucleo* di un atomo identifica l'elemento chimico e si chiama **NUMERO ATOMICO** (simbolo Z).



**KEY**

**30** **65.37**

906  
419.5  
7.14

**Zn**

[Ar]3d<sup>10</sup>4s<sup>2</sup>  
Zinc

ATOMIC NUMBER

BOILING POINT, °C

MELTING POINT, °C

DENSITY (g/ml) (3)

ATOMIC WEIGHT (2)

OXIDATION STATES (Bold most stable)

SYMBOL (1)

ELECTRON STRUCTURE

NAME

© Copyright 1963  
© Copyright 1964  
© Copyright 1965  
© Copyright 1966  
© Copyright 1968 SARGENT-WELCH SCIENTIFIC COMPANY

Elemento  
zinco:  
Z= 30 cioè  
30 protoni,  
30 elettroni

Il ***numero di protoni nel nucleo*** di un atomo definisce l'elemento chimico e si chiama **NUMERO ATOMICO** (simbolo **Z**).

**Atomi con lo stesso numero atomico costituiscono uno stesso elemento.**

Un atomo è neutro, pertanto il numero dei protoni è uguale al numero degli elettroni

Nel nucleo oltre ai protoni si trovano anche i neutroni.

Il ***numero di protoni e neutroni*** presenti nel nucleo di un atomo è definito come **NUMERO DI MASSA** (simbolo **A**).

Gli atomi di uno stesso elemento possono non avere tutti la stessa massa.  
Perché?

## **Il numero dei neutroni può variare: gli isotopi**

Atomi con uguale numero atomico ma diverso numero di massa (cioè diverso numero di neutroni) vengono definiti **ISOTOPI**.

Quasi ogni elemento ha degli isotopi, con diverse abbondanze naturali

Una proprietà fisica importante di un atomo è la sua massa in grammi.

Per sapere quanto pesa un atomo dovrei pesare una quantità di atomi misurabile in grammi e sapere il numero degli atomi in essa contenuta.

## Massa atomica relativa

E' il rapporto tra la massa reale di un atomo e una massa di riferimento

La massa di riferimento è l'**Unità di Massa Atomica (u)** che è definita come la **massa uguale a 1/12 della massa atomica dell'isotopo Carbonio-12** (con 6 protoni e 6 neutroni)

[1 u =  $1.66 \times 10^{-24}$  g, valore molto simile alla massa del protone e del neutrone]

Es. In media un atomo di H ha una massa che è l'8.400% rispetto al carbonio-12. Pertanto,  $0.084 \times 12 \text{ u} = 1.008 \text{ u}$ .

**Massa atomica relativa è un numero puro** (adimensionale) perché è un rapporto tra masse.

La massa media degli atomi di un elemento è detta  
**PESO ATOMICO (PA) o MASSA ATOMICA**

I valori sono sulla tavola periodica

Esempio: Gli isotopi del Carbonio sono C-12 e C-13, con abbondanza naturale pari rispettivamente al 98.89% e all'1.11%



$$\text{MASSA ATOMICA del CARBONIO} = 12,00 \times 0,9889 + 13,00 \times 0,0111 = 12,011$$

**media pesata** che dipende dalle masse relative dei singoli isotopi e dalla loro abbondanza isotopica in natura.

Abbondanza isotopica

	IVA		VA
11	6 12.01115	7 14	
	4830 24,2	-195,8	
3	37279 C	-210	
	2,26	0,81	
	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>2</sup>	1s <sup>2</sup> 2s	
	Carbon	Nitro	
15	14 28.086	15 30	
	2680	280w	
	1410	44,2w	
	Si		

# Il numero degli elettroni può variare: gli ioni

Nelle reazioni chimiche gli atomi spesso perdono o acquistano elettroni formando particelle cariche chiamate  
**IONI**

In questi casi il numero degli elettroni non coincide più con il numero dei protoni (che non cambia mai) e lo ione si carica positivamente se perde elettroni (negativi)



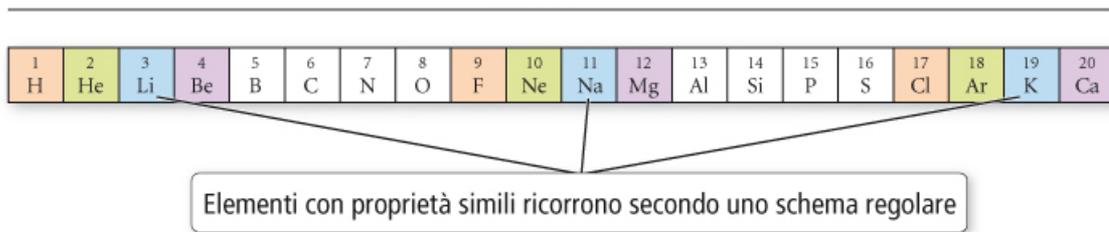
Oppure lo ione si carica negativamente se acquista elettroni



Gli ioni si comportano in modo differente dagli atomi dai quali derivano.

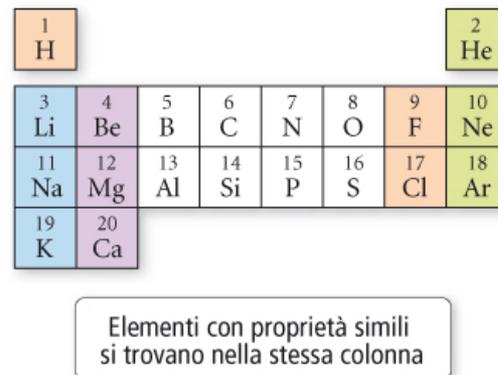
**quando gli elementi sono organizzati in ordine di massa crescente, alcune proprietà si ripetono periodicamente.**

### La legge periodica



▲ **FIGURA 2.9 Proprietà che si ripetono** Questi elementi sono elencati in ordine crescente di numero atomico. (Mendeleev li dispose in ordine di massa atomica crescente, un criterio che con poche eccezioni porta allo stesso risultato). Elementi con proprietà simili sono riportati con lo stesso colore. Si noti che i colori formano uno schema che si ripete, in modo simile alle note musicali, che formano lo schema che si ripete sulla tastiera di un pianoforte.

### Una semplice tavola periodica



▲ **FIGURA 2.10 Costruire la tavola periodica** Gli elementi in Figura 2.9 possono essere ordinati in una tabella in cui il numero atomico cresce da sinistra a destra e gli elementi con proprietà simili (come mostrato dai differenti colori) risultano allineati in colonne.

Gli elementi nella **tavola periodica** sono ordinati secondo il **numero atomico crescente**.

Le righe orizzontali si chiamano **periodi**, le colonne verticali si chiamano **gruppi**.

# Elementi elencati in ordine di numero atomico crescente

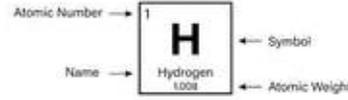
Elementi dei gruppi principali		Elementi di transizione										Elementi dei gruppi principali						
1A 1																	8A 18	
Numero del gruppo												3A	4A	5A	6A	7A	2	
1												13	14	15	16	17	18	
1	1 H	2A 2											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
2	3 Li	4 Be											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
3	11 Na	12 Mg	3B 3	4B 4	5B 5	6B 6	7B 7	8B 8 9 10		1B 11	2B 12	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr	
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	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
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	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
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	113	114 Fl	115	116 Lv	117	118
7	87 Fr	88 Ra	89 Ac	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113	114 Fl	115	116 Lv	117	118

▲ **FIGURA 2.12** La tavola periodica: elementi dei gruppi principali e di transizione

Gli elementi nella tavola periodica sono organizzati in colonne. Le due colonne a sinistra e le sei colonne a destra costituiscono gli elementi dei gruppi principali. Ciascuna di queste otto colonne è un gruppo (o famiglia). Le proprietà degli elementi dei gruppi principali possono essere in generale previste dalla loro posizione nella tavola periodica. Le proprietà degli elementi al centro della tabella, noti come elementi di transizione, sono meno prevedibili.

# Gas nobili

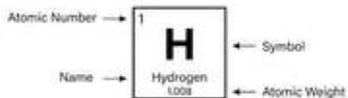
1 <b>H</b> Hydrogen 1.008																	2 <b>He</b> Helium 4.002602						
3 <b>Li</b> Lithium 6.94	4 <b>Be</b> Beryllium 9.0121831																	5 <b>B</b> Boron 10.81	6 <b>C</b> Carbon 12.011	7 <b>N</b> Nitrogen 14.007	8 <b>O</b> Oxygen 15.999	9 <b>F</b> Fluorine 18.998403163	10 <b>Ne</b> Neon 20.1797
11 <b>Na</b> Sodium 22.98976928	12 <b>Mg</b> Magnesium 24.305																	13 <b>Al</b> Aluminium 26.9815385	14 <b>Si</b> Silicon 28.085	15 <b>P</b> Phosphorus 30.973761998	16 <b>S</b> Sulfur 32.06	17 <b>Cl</b> Chlorine 35.45	18 <b>Ar</b> Argon 39.948
19 <b>K</b> Potassium 39.0983	20 <b>Ca</b> Calcium 40.078	21 <b>Sc</b> Scandium 44.955908	22 <b>Ti</b> Titanium 47.867	23 <b>V</b> Vanadium 50.9415	24 <b>Cr</b> Chromium 51.9961	25 <b>Mn</b> Manganese 54.938044	26 <b>Fe</b> Iron 55.845	27 <b>Co</b> Cobalt 58.933194	28 <b>Ni</b> Nickel 58.6934	29 <b>Cu</b> Copper 63.546	30 <b>Zn</b> Zinc 65.38	31 <b>Ga</b> Gallium 69.723	32 <b>Ge</b> Germanium 72.630	33 <b>As</b> Arsenic 74.921595	34 <b>Se</b> Selenium 78.971	35 <b>Br</b> Bromine 79.904	36 <b>Kr</b> Krypton 83.798						
37 <b>Rb</b> Rubidium 85.4678	38 <b>Sr</b> Strontium 87.62	39 <b>Y</b> Yttrium 88.90584	40 <b>Zr</b> Zirconium 91.224	41 <b>Nb</b> Niobium 92.90637	42 <b>Mo</b> Molybdenum 95.95	43 <b>Tc</b> Technetium (98)	44 <b>Ru</b> Ruthenium 101.07	45 <b>Rh</b> Rhodium 102.90550	46 <b>Pd</b> Palladium 106.42	47 <b>Ag</b> Silver 107.8682	48 <b>Cd</b> Cadmium 112.414	49 <b>In</b> Indium 114.818	50 <b>Sn</b> Tin 118.710	51 <b>Sb</b> Antimony 121.760	52 <b>Te</b> Tellurium 127.60	53 <b>I</b> Iodine 126.90447	54 <b>Xe</b> Xenon 131.293						
55 <b>Cs</b> Cesium 132.90545196	56 <b>Ba</b> Barium 137.327	57 - 71 Lanthanoids	72 <b>Hf</b> Hafnium 178.49	73 <b>Ta</b> Tantalum 180.94788	74 <b>W</b> Tungsten 183.84	75 <b>Re</b> Rhenium 186.207	76 <b>Os</b> Osmium 190.23	77 <b>Ir</b> Iridium 192.227	78 <b>Pt</b> Platinum 195.084	79 <b>Au</b> Gold 196.966569	80 <b>Hg</b> Mercury 200.592	81 <b>Tl</b> Thallium 204.38	82 <b>Pb</b> Lead 207.2	83 <b>Bi</b> Bismuth 208.98040	84 <b>Po</b> Polonium (209)	85 <b>At</b> Astatine (210)	86 <b>Rn</b> Radon (222)						
87 <b>Fr</b> Francium (223)	88 <b>Ra</b> Radium (226)	89 - 103 Actinoids	104 <b>Rf</b> Rutherfordium (261)	105 <b>Db</b> Dubnium (268)	106 <b>Sg</b> Seaborgium (269)	107 <b>Bh</b> Bohrium (270)	108 <b>Hs</b> Hassium (269)	109 <b>Mt</b> Meitnerium (278)	110 <b>Ds</b> Darmstadtium (281)	111 <b>Rg</b> Roentgenium (282)	112 <b>Cn</b> Copernicium (285)	113 <b>Nh</b> Nihonium (286)	114 <b>Fl</b> Flerovium (289)	115 <b>Mc</b> Moscovium (289)	116 <b>Lv</b> Livermorium (293)	117 <b>Ts</b> Tennessine (294)	118 <b>Og</b> Oganesson (294)						



57 <b>La</b> Lanthanum 138.90547	58 <b>Ce</b> Cerium 140.18	59 <b>Pr</b> Praseodymium 140.90766	60 <b>Nd</b> Neodymium 144.242	61 <b>Pm</b> Promethium (145)	62 <b>Sm</b> Samarium 150.36	63 <b>Eu</b> Europium 151.964	64 <b>Gd</b> Gadolinium 157.25	65 <b>Tb</b> Terbium 158.92535	66 <b>Dy</b> Dysprosium 162.500	67 <b>Ho</b> Holmium 164.93032	68 <b>Er</b> Erbium 167.259	69 <b>Tm</b> Thulium 168.93422	70 <b>Yb</b> Ytterbium 173.045	71 <b>Lu</b> Lutetium 174.9668
89 <b>Ac</b> Actinium (227)	90 <b>Th</b> Thorium 232.0377	91 <b>Pa</b> Protactinium 231.03688	92 <b>U</b> Uranium 238.02891	93 <b>Np</b> Neptunium (237)	94 <b>Pu</b> Plutonium (244)	95 <b>Am</b> Americium (243)	96 <b>Cm</b> Curium (247)	97 <b>Bk</b> Berkelium (247)	98 <b>Cf</b> Californium (251)	99 <b>Es</b> Einsteinium (252)	100 <b>Fm</b> Fermium (257)	101 <b>Md</b> Mendelevium (258)	102 <b>No</b> Nobelium (259)	103 <b>Lr</b> Lawrencium (260)

# Metalli alcalini

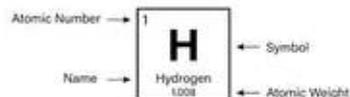
1 <b>H</b> Hydrogen 1.008																	2 <b>He</b> Helium 4.002602
3 <b>Li</b> Lithium 6.94	4 <b>Be</b> Beryllium 9.0121831																
11 <b>Na</b> Sodium 22.98976928	12 <b>Mg</b> Magnesium 24.305																
19 <b>K</b> Potassium 39.0983	20 <b>Ca</b> Calcium 40.078	21 <b>Sc</b> Scandium 44.955908	22 <b>Ti</b> Titanium 47.867	23 <b>V</b> Vanadium 50.9415	24 <b>Cr</b> Chromium 51.9961	25 <b>Mn</b> Manganese 54.938044	26 <b>Fe</b> Iron 55.845	27 <b>Co</b> Cobalt 58.933194	28 <b>Ni</b> Nickel 58.6934	29 <b>Cu</b> Copper 63.546	30 <b>Zn</b> Zinc 65.38	31 <b>Ga</b> Gallium 69.723	32 <b>Ge</b> Germanium 72.630	33 <b>As</b> Arsenic 74.921595	34 <b>Se</b> Selenium 78.971	35 <b>Br</b> Bromine 79.904	36 <b>Kr</b> Krypton 83.798
37 <b>Rb</b> Rubidium 85.4678	38 <b>Sr</b> Strontium 87.62	39 <b>Y</b> Yttrium 88.90584	40 <b>Zr</b> Zirconium 91.224	41 <b>Nb</b> Niobium 92.90637	42 <b>Mo</b> Molybdenum 95.95	43 <b>Tc</b> Technetium (98)	44 <b>Ru</b> Ruthenium 101.07	45 <b>Rh</b> Rhodium 102.90550	46 <b>Pd</b> Palladium 106.42	47 <b>Ag</b> Silver 107.8682	48 <b>Cd</b> Cadmium 112.414	49 <b>In</b> Indium 114.818	50 <b>Sn</b> Tin 118.710	51 <b>Sb</b> Antimony 121.760	52 <b>Te</b> Tellurium 127.60	53 <b>I</b> Iodine 126.90447	54 <b>Xe</b> Xenon 131.293
55 <b>Cs</b> Cesium 132.90545196	56 <b>Ba</b> Barium 137.327	57 - 71 Lanthanoids	72 <b>Hf</b> Hafnium 178.49	73 <b>Ta</b> Tantalum 180.94788	74 <b>W</b> Tungsten 183.84	75 <b>Re</b> Rhenium 186.207	76 <b>Os</b> Osmium 190.23	77 <b>Ir</b> Iridium 192.222	78 <b>Pt</b> Platinum 195.084	79 <b>Au</b> Gold 196.966569	80 <b>Hg</b> Mercury 200.592	81 <b>Tl</b> Thallium 204.38	82 <b>Pb</b> Lead 207.2	83 <b>Bi</b> Bismuth 208.98040	84 <b>Po</b> Polonium (209)	85 <b>At</b> Astatine (210)	86 <b>Rn</b> Radon (222)
87 <b>Fr</b> Francium (223)	88 <b>Ra</b> Radium (226)	89 - 103 Actinoids	104 <b>Rf</b> Rutherfordium (261)	105 <b>Db</b> Dubnium (268)	106 <b>Sg</b> Seaborgium (269)	107 <b>Bh</b> Bohrium (270)	108 <b>Hs</b> Hassium (285)	109 <b>Mt</b> Meitnerium (276)	110 <b>Ds</b> Darmstadtium (281)	111 <b>Rg</b> Roentgenium (282)	112 <b>Cn</b> Copernicium (285)	113 <b>Nh</b> Nihonium (286)	114 <b>Fl</b> Flerovium (289)	115 <b>Mc</b> Moscovium (289)	116 <b>Lv</b> Livermorium (293)	117 <b>Ts</b> Tennessine (294)	118 <b>Og</b> Oganesson (294)



57 <b>La</b> Lanthanum 138.90547	58 <b>Ce</b> Cerium 140.18	59 <b>Pr</b> Praseodymium 140.90766	60 <b>Nd</b> Neodymium 144.242	61 <b>Pm</b> Promethium (145)	62 <b>Sm</b> Samarium 150.36	63 <b>Eu</b> Europium 151.964	64 <b>Gd</b> Gadolinium 157.25	65 <b>Tb</b> Terbium 158.92535	66 <b>Dy</b> Dysprosium 162.500	67 <b>Ho</b> Holmium 164.93032	68 <b>Er</b> Erbium 167.259	69 <b>Tm</b> Thulium 168.93422	70 <b>Yb</b> Ytterbium 173.045	71 <b>Lu</b> Lutetium 174.9668
89 <b>Ac</b> Actinium (227)	90 <b>Th</b> Thorium 232.0377	91 <b>Pa</b> Protactinium 231.03688	92 <b>U</b> Uranium 238.02891	93 <b>Np</b> Neptunium (237)	94 <b>Pu</b> Plutonium (244)	95 <b>Am</b> Americium (243)	96 <b>Cm</b> Curium (247)	97 <b>Bk</b> Berkelium (247)	98 <b>Cf</b> Californium (251)	99 <b>Es</b> Einsteinium (252)	100 <b>Fm</b> Fermium (257)	101 <b>Md</b> Mendelevium (258)	102 <b>No</b> Nobelium (259)	103 <b>Lr</b> Lawrencium (260)

# Metalli alcalino-terrosi

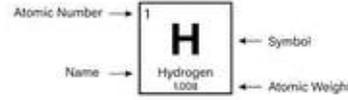
1 <b>H</b> Hydrogen 1.008																	2 <b>He</b> Helium 4.002602
3 <b>Li</b> Lithium 6.94	4 <b>Be</b> Beryllium 9.0121832																
11 <b>Na</b> Sodium 22.98976928	12 <b>Mg</b> Magnesium 24.305																
19 <b>K</b> Potassium 39.0983	20 <b>Ca</b> Calcium 40.078	21 <b>Sc</b> Scandium 44.955908	22 <b>Ti</b> Titanium 47.867	23 <b>V</b> Vanadium 50.9415	24 <b>Cr</b> Chromium 51.9961	25 <b>Mn</b> Manganese 54.938044	26 <b>Fe</b> Iron 55.845	27 <b>Co</b> Cobalt 58.933194	28 <b>Ni</b> Nickel 58.6934	29 <b>Cu</b> Copper 63.546	30 <b>Zn</b> Zinc 65.38	31 <b>Ga</b> Gallium 69.723	32 <b>Ge</b> Germanium 72.630	33 <b>As</b> Arsenic 74.921595	34 <b>Se</b> Selenium 78.971	35 <b>Br</b> Bromine 79.904	36 <b>Kr</b> Krypton 83.798
37 <b>Rb</b> Rubidium 85.4678	38 <b>Sr</b> Strontium 87.62	39 <b>Y</b> Yttrium 88.90584	40 <b>Zr</b> Zirconium 91.224	41 <b>Nb</b> Niobium 92.90637	42 <b>Mo</b> Molybdenum 95.95	43 <b>Tc</b> Technetium (98)	44 <b>Ru</b> Ruthenium 101.07	45 <b>Rh</b> Rhodium 102.90550	46 <b>Pd</b> Palladium 106.42	47 <b>Ag</b> Silver 107.8682	48 <b>Cd</b> Cadmium 112.414	49 <b>In</b> Indium 114.818	50 <b>Sn</b> Tin 118.710	51 <b>Sb</b> Antimony 121.760	52 <b>Te</b> Tellurium 127.60	53 <b>I</b> Iodine 126.90447	54 <b>Xe</b> Xenon 131.293
55 <b>Cs</b> Caesium 132.90545196	56 <b>Ba</b> Barium 137.327	57 - 71 Lanthanoids	72 <b>Hf</b> Hafnium 178.49	73 <b>Ta</b> Tantalum 180.94788	74 <b>W</b> Tungsten 183.84	75 <b>Re</b> Rhenium 186.207	76 <b>Os</b> Osmium 190.23	77 <b>Ir</b> Iridium 192.227	78 <b>Pt</b> Platinum 195.084	79 <b>Au</b> Gold 196.966569	80 <b>Hg</b> Mercury 200.592	81 <b>Tl</b> Thallium 204.38	82 <b>Pb</b> Lead 207.2	83 <b>Bi</b> Bismuth 208.98040	84 <b>Po</b> Polonium (209)	85 <b>At</b> Astatine (210)	86 <b>Rn</b> Radon (222)
87 <b>Fr</b> Francium (223)	88 <b>Ra</b> Radium (226)	89 - 103 Actinoids	104 <b>Rf</b> Rutherfordium (261)	105 <b>Db</b> Dubnium (268)	106 <b>Sg</b> Seaborgium (269)	107 <b>Bh</b> Bohrium (270)	108 <b>Hs</b> Hassium (269)	109 <b>Mt</b> Meitnerium (278)	110 <b>Ds</b> Darmstadtium (281)	111 <b>Rg</b> Roentgenium (282)	112 <b>Cn</b> Copernicium (285)	113 <b>Nh</b> Nihonium (286)	114 <b>Fl</b> Flerovium (289)	115 <b>Mc</b> Moscovium (289)	116 <b>Lv</b> Livermorium (293)	117 <b>Ts</b> Tennessine (294)	118 <b>Og</b> Oganesson (294)



57 <b>La</b> Lanthanum 138.90547	58 <b>Ce</b> Cerium 140.18	59 <b>Pr</b> Praseodymium 140.90766	60 <b>Nd</b> Neodymium 144.242	61 <b>Pm</b> Promethium (145)	62 <b>Sm</b> Samarium 150.36	63 <b>Eu</b> Europium 151.964	64 <b>Gd</b> Gadolinium 157.25	65 <b>Tb</b> Terbium 158.92535	66 <b>Dy</b> Dysprosium 162.500	67 <b>Ho</b> Holmium 164.93032	68 <b>Er</b> Erbium 167.259	69 <b>Tm</b> Thulium 168.93422	70 <b>Yb</b> Ytterbium 173.045	71 <b>Lu</b> Lutetium 174.9668
89 <b>Ac</b> Actinium (227)	90 <b>Th</b> Thorium 232.0377	91 <b>Pa</b> Protactinium 231.03688	92 <b>U</b> Uranium 238.02891	93 <b>Np</b> Neptunium (237)	94 <b>Pu</b> Plutonium (244)	95 <b>Am</b> Americium (243)	96 <b>Cm</b> Curium (247)	97 <b>Bk</b> Berkelium (247)	98 <b>Cf</b> Californium (251)	99 <b>Es</b> Einsteinium (252)	100 <b>Fm</b> Fermium (257)	101 <b>Md</b> Mendelevium (258)	102 <b>No</b> Nobelium (259)	103 <b>Lr</b> Lawrencium (260)

# Semimetalli o Metalloidi

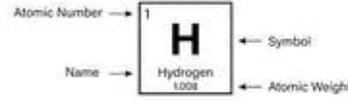
1 <b>H</b> Hydrogen 1.008																	2 <b>He</b> Helium 4.002602
3 <b>Li</b> Lithium 6.94	4 <b>Be</b> Beryllium 9.0121831																
11 <b>Na</b> Sodium 22.98976928	12 <b>Mg</b> Magnesium 24.305																
19 <b>K</b> Potassium 39.0983	20 <b>Ca</b> Calcium 40.078	21 <b>Sc</b> Scandium 44.955908	22 <b>Ti</b> Titanium 47.867	23 <b>V</b> Vanadium 50.9415	24 <b>Cr</b> Chromium 51.9961	25 <b>Mn</b> Manganese 54.938044	26 <b>Fe</b> Iron 55.845	27 <b>Co</b> Cobalt 58.933194	28 <b>Ni</b> Nickel 58.6934	29 <b>Cu</b> Copper 63.546	30 <b>Zn</b> Zinc 65.38	31 <b>Ga</b> Gallium 69.723	32 <b>Ge</b> Germanium 72.630	33 <b>As</b> Arsenic 74.921595	34 <b>Se</b> Selenium 78.971	35 <b>Br</b> Bromine 79.904	36 <b>Kr</b> Krypton 83.798
37 <b>Rb</b> Rubidium 85.4678	38 <b>Sr</b> Strontium 87.62	39 <b>Y</b> Yttrium 88.90584	40 <b>Zr</b> Zirconium 91.224	41 <b>Nb</b> Niobium 92.90637	42 <b>Mo</b> Molybdenum 95.95	43 <b>Tc</b> Technetium (98)	44 <b>Ru</b> Ruthenium 101.07	45 <b>Rh</b> Rhodium 102.90550	46 <b>Pd</b> Palladium 106.42	47 <b>Ag</b> Silver 107.8682	48 <b>Cd</b> Cadmium 112.414	49 <b>In</b> Indium 114.818	50 <b>Sn</b> Tin 118.710	51 <b>Sb</b> Antimony 121.760	52 <b>Te</b> Tellurium 127.60	53 <b>I</b> Iodine 126.90447	54 <b>Xe</b> Xenon 131.293
55 <b>Cs</b> Cesium 132.90545196	56 <b>Ba</b> Barium 137.327	57 - 71 Lanthanoids	72 <b>Hf</b> Hafnium 178.49	73 <b>Ta</b> Tantalum 180.94788	74 <b>W</b> Tungsten 183.84	75 <b>Re</b> Rhenium 186.207	76 <b>Os</b> Osmium 190.23	77 <b>Ir</b> Iridium 192.227	78 <b>Pt</b> Platinum 195.084	79 <b>Au</b> Gold 196.966569	80 <b>Hg</b> Mercury 200.592	81 <b>Tl</b> Thallium 204.38	82 <b>Pb</b> Lead 207.2	83 <b>Bi</b> Bismuth 208.98040	84 <b>Po</b> Polonium (209)	85 <b>At</b> Astatine (210)	86 <b>Rn</b> Radon (222)
87 <b>Fr</b> Francium (223)	88 <b>Ra</b> Radium (226)	89 - 103 Actinoids	104 <b>Rf</b> Rutherfordium (261)	105 <b>Db</b> Dubnium (268)	106 <b>Sg</b> Seaborgium (269)	107 <b>Bh</b> Bohrium (270)	108 <b>Hs</b> Hassium (269)	109 <b>Mt</b> Meitnerium (278)	110 <b>Ds</b> Darmstadtium (281)	111 <b>Rg</b> Roentgenium (282)	112 <b>Cn</b> Copernicium (285)	113 <b>Nh</b> Nihonium (286)	114 <b>Fl</b> Flerovium (289)	115 <b>Mc</b> Moscovium (289)	116 <b>Lv</b> Livermorium (293)	117 <b>Ts</b> Tennessine (294)	118 <b>Og</b> Oganesson (294)



57 <b>La</b> Lanthanum 138.90547	58 <b>Ce</b> Cerium 140.18	59 <b>Pr</b> Praseodymium 140.90766	60 <b>Nd</b> Neodymium 144.242	61 <b>Pm</b> Promethium (145)	62 <b>Sm</b> Samarium 150.36	63 <b>Eu</b> Europium 151.964	64 <b>Gd</b> Gadolinium 157.25	65 <b>Tb</b> Terbium 158.92535	66 <b>Dy</b> Dysprosium 162.500	67 <b>Ho</b> Holmium 164.93032	68 <b>Er</b> Erbium 167.259	69 <b>Tm</b> Thulium 168.93422	70 <b>Yb</b> Ytterbium 173.045	71 <b>Lu</b> Lutetium 174.9668
89 <b>Ac</b> Actinium (227)	90 <b>Th</b> Thorium 232.0377	91 <b>Pa</b> Protactinium 231.03688	92 <b>U</b> Uranium 238.02891	93 <b>Np</b> Neptunium (237)	94 <b>Pu</b> Plutonium (244)	95 <b>Am</b> Americium (243)	96 <b>Cm</b> Curium (247)	97 <b>Bk</b> Berkelium (247)	98 <b>Cf</b> Californium (251)	99 <b>Es</b> Einsteinium (252)	100 <b>Fm</b> Fermium (257)	101 <b>Md</b> Mendelevium (258)	102 <b>No</b> Nobelium (259)	103 <b>Lr</b> Lawrencium (260)

# Non metalli

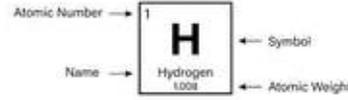
1 <b>H</b> Hydrogen 1.008																	2 <b>He</b> Helium 4.002602						
3 <b>Li</b> Lithium 6.94	4 <b>Be</b> Beryllium 9.0121831																	5 <b>B</b> Boron 10.81	6 <b>C</b> Carbon 12.011	7 <b>N</b> Nitrogen 14.007	8 <b>O</b> Oxygen 15.999	9 <b>F</b> Fluorine 18.998403163	10 <b>Ne</b> Neon 20.1797
11 <b>Na</b> Sodium 22.98976928	12 <b>Mg</b> Magnesium 24.305																	13 <b>Al</b> Aluminium 26.9815385	14 <b>Si</b> Silicon 28.0855	15 <b>P</b> Phosphorus 30.973761998	16 <b>S</b> Sulfur 32.06	17 <b>Cl</b> Chlorine 35.45	18 <b>Ar</b> Argon 39.948
19 <b>K</b> Potassium 39.0983	20 <b>Ca</b> Calcium 40.078	21 <b>Sc</b> Scandium 44.955908	22 <b>Ti</b> Titanium 47.867	23 <b>V</b> Vanadium 50.9415	24 <b>Cr</b> Chromium 51.9961	25 <b>Mn</b> Manganese 54.938044	26 <b>Fe</b> Iron 55.845	27 <b>Co</b> Cobalt 58.933194	28 <b>Ni</b> Nickel 58.6934	29 <b>Cu</b> Copper 63.546	30 <b>Zn</b> Zinc 65.38	31 <b>Ga</b> Gallium 69.723	32 <b>Ge</b> Germanium 72.630	33 <b>As</b> Arsenic 74.921595	34 <b>Se</b> Selenium 78.971	35 <b>Br</b> Bromine 79.904	36 <b>Kr</b> Krypton 83.798						
37 <b>Rb</b> Rubidium 85.4678	38 <b>Sr</b> Strontium 87.62	39 <b>Y</b> Yttrium 88.90584	40 <b>Zr</b> Zirconium 91.224	41 <b>Nb</b> Niobium 92.90637	42 <b>Mo</b> Molybdenum 95.95	43 <b>Tc</b> Technetium (98)	44 <b>Ru</b> Ruthenium 101.07	45 <b>Rh</b> Rhodium 102.90550	46 <b>Pd</b> Palladium 106.42	47 <b>Ag</b> Silver 107.8682	48 <b>Cd</b> Cadmium 112.414	49 <b>In</b> Indium 114.818	50 <b>Sn</b> Tin 118.710	51 <b>Sb</b> Antimony 121.760	52 <b>Te</b> Tellurium 127.60	53 <b>I</b> Iodine 126.90447	54 <b>Xe</b> Xenon 131.293						
55 <b>Cs</b> Cesium 132.90545196	56 <b>Ba</b> Barium 137.327	57 - 71 Lanthanoids	72 <b>Hf</b> Hafnium 178.49	73 <b>Ta</b> Tantalum 180.94788	74 <b>W</b> Tungsten 183.84	75 <b>Re</b> Rhenium 186.207	76 <b>Os</b> Osmium 190.23	77 <b>Ir</b> Iridium 192.227	78 <b>Pt</b> Platinum 195.084	79 <b>Au</b> Gold 196.966569	80 <b>Hg</b> Mercury 200.592	81 <b>Tl</b> Thallium 204.38	82 <b>Pb</b> Lead 207.2	83 <b>Bi</b> Bismuth 208.98040	84 <b>Po</b> Polonium (209)	85 <b>At</b> Astatine (210)	86 <b>Rn</b> Radon (222)						
87 <b>Fr</b> Francium (223)	88 <b>Ra</b> Radium (226)	89 - 103 Actinoids	104 <b>Rf</b> Rutherfordium (261)	105 <b>Db</b> Dubnium (268)	106 <b>Sg</b> Seaborgium (269)	107 <b>Bh</b> Bohrium (270)	108 <b>Hs</b> Hassium (269)	109 <b>Mt</b> Meitnerium (278)	110 <b>Ds</b> Darmstadtium (281)	111 <b>Rg</b> Roentgenium (282)	112 <b>Cn</b> Copernicium (285)	113 <b>Nh</b> Nihonium (286)	114 <b>Fl</b> Flerovium (289)	115 <b>Mc</b> Moscovium (289)	116 <b>Lv</b> Livermorium (293)	117 <b>Ts</b> Tennessine (294)	118 <b>Og</b> Oganesson (294)						



57 <b>La</b> Lanthanum 138.90547	58 <b>Ce</b> Cerium 140.18	59 <b>Pr</b> Praseodymium 140.90766	60 <b>Nd</b> Neodymium 144.242	61 <b>Pm</b> Promethium (145)	62 <b>Sm</b> Samarium 150.36	63 <b>Eu</b> Europium 151.964	64 <b>Gd</b> Gadolinium 157.25	65 <b>Tb</b> Terbium 158.92535	66 <b>Dy</b> Dysprosium 162.500	67 <b>Ho</b> Holmium 164.93032	68 <b>Er</b> Erbium 167.259	69 <b>Tm</b> Thulium 168.93422	70 <b>Yb</b> Ytterbium 173.045	71 <b>Lu</b> Lutetium 174.9668
89 <b>Ac</b> Actinium (227)	90 <b>Th</b> Thorium 232.0377	91 <b>Pa</b> Protactinium 231.03688	92 <b>U</b> Uranium 238.02891	93 <b>Np</b> Neptunium (237)	94 <b>Pu</b> Plutonium (244)	95 <b>Am</b> Americium (243)	96 <b>Cm</b> Curium (247)	97 <b>Bk</b> Berkelium (247)	98 <b>Cf</b> Californium (251)	99 <b>Es</b> Einsteinium (252)	100 <b>Fm</b> Fermium (257)	101 <b>Md</b> Mendelevium (258)	102 <b>No</b> Nobelium (259)	103 <b>Lr</b> Lawrencium (260)

# Alogeni

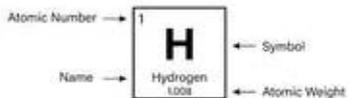
1 <b>H</b> Hydrogen 1.008																	2 <b>He</b> Helium 4.002602						
3 <b>Li</b> Lithium 6.94	4 <b>Be</b> Beryllium 9.0121831																	5 <b>B</b> Boron 10.81	6 <b>C</b> Carbon 12.011	7 <b>N</b> Nitrogen 14.007	8 <b>O</b> Oxygen 15.999	9 <b>F</b> Fluorine 18.998403163	10 <b>Ne</b> Neon 20.1797
11 <b>Na</b> Sodium 22.98976928	12 <b>Mg</b> Magnesium 24.305																	13 <b>Al</b> Aluminium 26.9815385	14 <b>Si</b> Silicon 28.0855	15 <b>P</b> Phosphorus 30.973761998	16 <b>S</b> Sulfur 32.06	17 <b>Cl</b> Chlorine 35.45	18 <b>Ar</b> Argon 39.948
19 <b>K</b> Potassium 39.0983	20 <b>Ca</b> Calcium 40.078	21 <b>Sc</b> Scandium 44.955908	22 <b>Ti</b> Titanium 47.867	23 <b>V</b> Vanadium 50.9415	24 <b>Cr</b> Chromium 51.9961	25 <b>Mn</b> Manganese 54.938044	26 <b>Fe</b> Iron 55.845	27 <b>Co</b> Cobalt 58.933194	28 <b>Ni</b> Nickel 58.6934	29 <b>Cu</b> Copper 63.546	30 <b>Zn</b> Zinc 65.38	31 <b>Ga</b> Gallium 69.723	32 <b>Ge</b> Germanium 72.630	33 <b>As</b> Arsenic 74.921595	34 <b>Se</b> Selenium 78.971	35 <b>Br</b> Bromine 79.904	36 <b>Kr</b> Krypton 83.798						
37 <b>Rb</b> Rubidium 85.4678	38 <b>Sr</b> Strontium 87.62	39 <b>Y</b> Yttrium 88.90584	40 <b>Zr</b> Zirconium 91.224	41 <b>Nb</b> Niobium 92.90637	42 <b>Mo</b> Molybdenum 95.95	43 <b>Tc</b> Technetium (98)	44 <b>Ru</b> Ruthenium 101.07	45 <b>Rh</b> Rhodium 102.90550	46 <b>Pd</b> Palladium 106.42	47 <b>Ag</b> Silver 107.8682	48 <b>Cd</b> Cadmium 112.414	49 <b>In</b> Indium 114.818	50 <b>Sn</b> Tin 118.710	51 <b>Sb</b> Antimony 121.760	52 <b>Te</b> Tellurium 127.60	53 <b>I</b> Iodine 126.90447	54 <b>Xe</b> Xenon 131.293						
55 <b>Cs</b> Cesium 132.90545196	56 <b>Ba</b> Barium 137.327	57 - 71 Lanthanoids	72 <b>Hf</b> Hafnium 178.49	73 <b>Ta</b> Tantalum 180.94788	74 <b>W</b> Tungsten 183.84	75 <b>Re</b> Rhenium 186.207	76 <b>Os</b> Osmium 190.23	77 <b>Ir</b> Iridium 192.227	78 <b>Pt</b> Platinum 195.084	79 <b>Au</b> Gold 196.966569	80 <b>Hg</b> Mercury 200.592	81 <b>Tl</b> Thallium 204.38	82 <b>Pb</b> Lead 207.2	83 <b>Bi</b> Bismuth 208.98040	84 <b>Po</b> Polonium (209)	85 <b>At</b> Astatine (210)	86 <b>Rn</b> Radon (222)						
87 <b>Fr</b> Francium (223)	88 <b>Ra</b> Radium (226)	89 - 103 Actinoids	104 <b>Rf</b> Rutherfordium (261)	105 <b>Db</b> Dubnium (268)	106 <b>Sg</b> Seaborgium (269)	107 <b>Bh</b> Bohrium (270)	108 <b>Hs</b> Hassium (269)	109 <b>Mt</b> Meitnerium (278)	110 <b>Ds</b> Darmstadtium (281)	111 <b>Rg</b> Roentgenium (282)	112 <b>Cn</b> Copernicium (285)	113 <b>Nh</b> Nihonium (286)	114 <b>Fl</b> Flerovium (289)	115 <b>Mc</b> Moscovium (289)	116 <b>Lv</b> Livermorium (293)	117 <b>Ts</b> Tennessine (294)	118 <b>Og</b> Oganesson (294)						



57 <b>La</b> Lanthanum 138.90547	58 <b>Ce</b> Cerium 140.18	59 <b>Pr</b> Praseodymium 140.90766	60 <b>Nd</b> Neodymium 144.242	61 <b>Pm</b> Promethium (145)	62 <b>Sm</b> Samarium 150.36	63 <b>Eu</b> Europium 151.964	64 <b>Gd</b> Gadolinium 157.25	65 <b>Tb</b> Terbium 158.92535	66 <b>Dy</b> Dysprosium 162.500	67 <b>Ho</b> Holmium 164.93032	68 <b>Er</b> Erbium 167.259	69 <b>Tm</b> Thulium 168.93422	70 <b>Yb</b> Ytterbium 173.045	71 <b>Lu</b> Lutetium 174.9668
89 <b>Ac</b> Actinium (227)	90 <b>Th</b> Thorium 232.0377	91 <b>Pa</b> Protactinium 231.03688	92 <b>U</b> Uranium 238.02891	93 <b>Np</b> Neptunium (237)	94 <b>Pu</b> Plutonium (244)	95 <b>Am</b> Americium (243)	96 <b>Cm</b> Curium (247)	97 <b>Bk</b> Berkelium (247)	98 <b>Cf</b> Californium (251)	99 <b>Es</b> Einsteinium (252)	100 <b>Fm</b> Fermium (257)	101 <b>Md</b> Mendelevium (258)	102 <b>No</b> Nobelium (259)	103 <b>Lr</b> Lawrencium (260)

# Metalli del blocco p o 'post-transition metals'

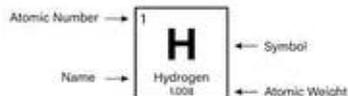
1 <b>H</b> Hydrogen 1.008																	2 <b>He</b> Helium 4.002602
3 <b>Li</b> Lithium 6.94	4 <b>Be</b> Beryllium 9.0121831																
11 <b>Na</b> Sodium 22.98976928	12 <b>Mg</b> Magnesium 24.305																
19 <b>K</b> Potassium 39.0983	20 <b>Ca</b> Calcium 40.078	21 <b>Sc</b> Scandium 44.955908	22 <b>Ti</b> Titanium 47.867	23 <b>V</b> Vanadium 50.9415	24 <b>Cr</b> Chromium 51.9961	25 <b>Mn</b> Manganese 54.938044	26 <b>Fe</b> Iron 55.845	27 <b>Co</b> Cobalt 58.933194	28 <b>Ni</b> Nickel 58.6934	29 <b>Cu</b> Copper 63.546	30 <b>Zn</b> Zinc 65.38	31 <b>Ga</b> Gallium 69.723	32 <b>Ge</b> Germanium 72.630	33 <b>As</b> Arsenic 74.921595	34 <b>Se</b> Selenium 78.971	35 <b>Br</b> Bromine 79.904	36 <b>Kr</b> Krypton 83.798
37 <b>Rb</b> Rubidium 85.4678	38 <b>Sr</b> Strontium 87.62	39 <b>Y</b> Yttrium 88.90584	40 <b>Zr</b> Zirconium 91.224	41 <b>Nb</b> Niobium 92.90637	42 <b>Mo</b> Molybdenum 95.95	43 <b>Tc</b> Technetium (98)	44 <b>Ru</b> Ruthenium 101.07	45 <b>Rh</b> Rhodium 102.90550	46 <b>Pd</b> Palladium 106.42	47 <b>Ag</b> Silver 107.8682	48 <b>Cd</b> Cadmium 112.414	49 <b>In</b> Indium 114.818	50 <b>Sn</b> Tin 118.710	51 <b>Sb</b> Antimony 121.760	52 <b>Te</b> Tellurium 127.60	53 <b>I</b> Iodine 126.90447	54 <b>Xe</b> Xenon 131.293
55 <b>Cs</b> Cesium 132.90545196	56 <b>Ba</b> Barium 137.327	57 - 71 Lanthanoids	72 <b>Hf</b> Hafnium 178.49	73 <b>Ta</b> Tantalum 180.94788	74 <b>W</b> Tungsten 183.84	75 <b>Re</b> Rhenium 186.207	76 <b>Os</b> Osmium 190.23	77 <b>Ir</b> Iridium 192.227	78 <b>Pt</b> Platinum 195.084	79 <b>Au</b> Gold 196.966569	80 <b>Hg</b> Mercury 200.592	81 <b>Tl</b> Thallium 204.38	82 <b>Pb</b> Lead 207.2	83 <b>Bi</b> Bismuth 208.98040	84 <b>Po</b> Polonium (209)	85 <b>At</b> Astatine (210)	86 <b>Rn</b> Radon (222)
87 <b>Fr</b> Francium (223)	88 <b>Ra</b> Radium (226)	89 - 103 Actinoids	104 <b>Rf</b> Rutherfordium (261)	105 <b>Db</b> Dubnium (268)	106 <b>Sg</b> Seaborgium (269)	107 <b>Bh</b> Bohrium (270)	108 <b>Hs</b> Hassium (269)	109 <b>Mt</b> Meitnerium (278)	110 <b>Ds</b> Darmstadtium (281)	111 <b>Rg</b> Roentgenium (282)	112 <b>Cn</b> Copernicium (285)	113 <b>Nh</b> Nihonium (286)	114 <b>Fl</b> Flerovium (289)	115 <b>Mc</b> Moscovium (289)	116 <b>Lv</b> Livermorium (293)	117 <b>Ts</b> Tennessine (294)	118 <b>Og</b> Oganesson (294)



57 <b>La</b> Lanthanum 138.90547	58 <b>Ce</b> Cerium 140.18	59 <b>Pr</b> Praseodymium 140.90766	60 <b>Nd</b> Neodymium 144.242	61 <b>Pm</b> Promethium (145)	62 <b>Sm</b> Samarium 150.36	63 <b>Eu</b> Europium 151.964	64 <b>Gd</b> Gadolinium 157.25	65 <b>Tb</b> Terbium 158.92535	66 <b>Dy</b> Dysprosium 162.500	67 <b>Ho</b> Holmium 164.93032	68 <b>Er</b> Erbium 167.259	69 <b>Tm</b> Thulium 168.93422	70 <b>Yb</b> Ytterbium 173.045	71 <b>Lu</b> Lutetium 174.9668
89 <b>Ac</b> Actinium (227)	90 <b>Th</b> Thorium 232.0377	91 <b>Pa</b> Protactinium 231.03688	92 <b>U</b> Uranium 238.02891	93 <b>Np</b> Neptunium (237)	94 <b>Pu</b> Plutonium (244)	95 <b>Am</b> Americium (243)	96 <b>Cm</b> Curium (247)	97 <b>Bk</b> Berkelium (247)	98 <b>Cf</b> Californium (251)	99 <b>Es</b> Einsteinium (252)	100 <b>Fm</b> Fermium (257)	101 <b>Md</b> Mendelevium (258)	102 <b>No</b> Nobelium (259)	103 <b>Lr</b> Lawrencium (260)

# Metalli di transizione

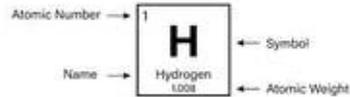
1 <b>H</b> Hydrogen 1.008																	2 <b>He</b> Helium 4.002602
3 <b>Li</b> Lithium 6.94	4 <b>Be</b> Beryllium 9.0121831																
11 <b>Na</b> Sodium 22.98976928	12 <b>Mg</b> Magnesium 24.305																
19 <b>K</b> Potassium 39.0983	20 <b>Ca</b> Calcium 40.078	21 <b>Sc</b> Scandium 44.955908	22 <b>Ti</b> Titanium 47.867	23 <b>V</b> Vanadium 50.9415	24 <b>Cr</b> Chromium 51.9961	25 <b>Mn</b> Manganese 54.938044	26 <b>Fe</b> Iron 55.845	27 <b>Co</b> Cobalt 58.933194	28 <b>Ni</b> Nickel 58.6934	29 <b>Cu</b> Copper 63.546	30 <b>Zn</b> Zinc 65.36	31 <b>Ga</b> Gallium 69.723	32 <b>Ge</b> Germanium 72.630	33 <b>As</b> Arsenic 74.921595	34 <b>Se</b> Selenium 78.971	35 <b>Br</b> Bromine 79.904	36 <b>Kr</b> Krypton 83.798
37 <b>Rb</b> Rubidium 85.4678	38 <b>Sr</b> Strontium 87.62	39 <b>Y</b> Yttrium 88.90584	40 <b>Zr</b> Zirconium 91.224	41 <b>Nb</b> Niobium 92.90637	42 <b>Mo</b> Molybdenum 95.95	43 <b>Tc</b> Technetium (98)	44 <b>Ru</b> Ruthenium 101.07	45 <b>Rh</b> Rhodium 102.90550	46 <b>Pd</b> Palladium 106.42	47 <b>Ag</b> Silver 107.8682	48 <b>Cd</b> Cadmium 112.414	49 <b>In</b> Indium 114.818	50 <b>Sn</b> Tin 118.710	51 <b>Sb</b> Antimony 121.760	52 <b>Te</b> Tellurium 127.60	53 <b>I</b> Iodine 126.90447	54 <b>Xe</b> Xenon 131.293
55 <b>Cs</b> Caesium 132.90545196	56 <b>Ba</b> Barium 137.327	57 - 71 Lanthanoids	72 <b>Hf</b> Hafnium 178.49	73 <b>Ta</b> Tantalum 180.94788	74 <b>W</b> Tungsten 183.84	75 <b>Re</b> Rhenium 186.207	76 <b>Os</b> Osmium 190.23	77 <b>Ir</b> Iridium 192.227	78 <b>Pt</b> Platinum 195.084	79 <b>Au</b> Gold 196.966569	80 <b>Hg</b> Mercury 200.592	81 <b>Tl</b> Thallium 204.38	82 <b>Pb</b> Lead 207.2	83 <b>Bi</b> Bismuth 208.98040	84 <b>Po</b> Polonium (209)	85 <b>At</b> Astatine (210)	86 <b>Rn</b> Radon (222)
87 <b>Fr</b> Francium (223)	88 <b>Ra</b> Radium (226)	89 - 103 Actinoids	104 <b>Rf</b> Rutherfordium (261)	105 <b>Db</b> Dubnium (268)	106 <b>Sg</b> Seaborgium (269)	107 <b>Bh</b> Bohrium (270)	108 <b>Hs</b> Hassium (285)	109 <b>Mt</b> Meitnerium (276)	110 <b>Ds</b> Darmstadtium (281)	111 <b>Rg</b> Roentgenium (282)	112 <b>Cn</b> Copernicium (285)	113 <b>Nh</b> Nihonium (286)	114 <b>Fl</b> Flerovium (289)	115 <b>Mc</b> Moscovium (289)	116 <b>Lv</b> Livermorium (293)	117 <b>Ts</b> Tennessine (294)	118 <b>Og</b> Oganesson (294)



57 <b>La</b> Lanthanum 138.90547	58 <b>Ce</b> Cerium 140.18	59 <b>Pr</b> Praseodymium 140.90766	60 <b>Nd</b> Neodymium 144.242	61 <b>Pm</b> Promethium (145)	62 <b>Sm</b> Samarium 150.36	63 <b>Eu</b> Europium 151.964	64 <b>Gd</b> Gadolinium 157.25	65 <b>Tb</b> Terbium 158.92535	66 <b>Dy</b> Dysprosium 162.500	67 <b>Ho</b> Holmium 164.93032	68 <b>Er</b> Erbium 167.259	69 <b>Tm</b> Thulium 168.93422	70 <b>Yb</b> Ytterbium 173.045	71 <b>Lu</b> Lutetium 174.9668
89 <b>Ac</b> Actinium (227)	90 <b>Th</b> Thorium 232.0377	91 <b>Pa</b> Protactinium 231.03688	92 <b>U</b> Uranium 238.02891	93 <b>Np</b> Neptunium (237)	94 <b>Pu</b> Plutonium (244)	95 <b>Am</b> Americium (243)	96 <b>Cm</b> Curium (247)	97 <b>Bk</b> Berkelium (247)	98 <b>Cf</b> Californium (251)	99 <b>Es</b> Einsteinium (252)	100 <b>Fm</b> Fermium (257)	101 <b>Md</b> Mendelevium (258)	102 <b>No</b> Nobelium (259)	103 <b>Lr</b> Lawrencium (260)

# Lantanidi

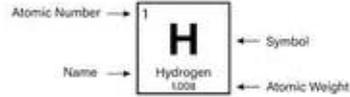
1 <b>H</b> Hydrogen 1.008																	2 <b>He</b> Helium 4.002602
3 <b>Li</b> Lithium 6.94	4 <b>Be</b> Beryllium 9.0121831																
11 <b>Na</b> Sodium 22.98976928	12 <b>Mg</b> Magnesium 24.305																
19 <b>K</b> Potassium 39.0983	20 <b>Ca</b> Calcium 40.078	21 <b>Sc</b> Scandium 44.955908	22 <b>Ti</b> Titanium 47.867	23 <b>V</b> Vanadium 50.9415	24 <b>Cr</b> Chromium 51.9961	25 <b>Mn</b> Manganese 54.938044	26 <b>Fe</b> Iron 55.845	27 <b>Co</b> Cobalt 58.933194	28 <b>Ni</b> Nickel 58.6934	29 <b>Cu</b> Copper 63.546	30 <b>Zn</b> Zinc 65.38	31 <b>Ga</b> Gallium 69.723	32 <b>Ge</b> Germanium 72.630	33 <b>As</b> Arsenic 74.921595	34 <b>Se</b> Selenium 78.971	35 <b>Br</b> Bromine 79.904	36 <b>Kr</b> Krypton 83.798
37 <b>Rb</b> Rubidium 85.4678	38 <b>Sr</b> Strontium 87.62	39 <b>Y</b> Yttrium 88.90584	40 <b>Zr</b> Zirconium 91.224	41 <b>Nb</b> Niobium 92.90637	42 <b>Mo</b> Molybdenum 95.95	43 <b>Tc</b> Technetium (98)	44 <b>Ru</b> Ruthenium 101.07	45 <b>Rh</b> Rhodium 102.90550	46 <b>Pd</b> Palladium 106.42	47 <b>Ag</b> Silver 107.8682	48 <b>Cd</b> Cadmium 112.414	49 <b>In</b> Indium 114.818	50 <b>Sn</b> Tin 118.710	51 <b>Sb</b> Antimony 121.760	52 <b>Te</b> Tellurium 127.60	53 <b>I</b> Iodine 126.90447	54 <b>Xe</b> Xenon 131.293
55 <b>Cs</b> Caesium 132.90545196	56 <b>Ba</b> Barium 137.327	57 - 71 Lanthanoids	72 <b>Hf</b> Hafnium 178.49	73 <b>Ta</b> Tantalum 180.94788	74 <b>W</b> Tungsten 183.84	75 <b>Re</b> Rhenium 186.207	76 <b>Os</b> Osmium 190.23	77 <b>Ir</b> Iridium 192.227	78 <b>Pt</b> Platinum 195.084	79 <b>Au</b> Gold 196.966569	80 <b>Hg</b> Mercury 200.592	81 <b>Tl</b> Thallium 204.38	82 <b>Pb</b> Lead 207.2	83 <b>Bi</b> Bismuth 208.98040	84 <b>Po</b> Polonium (209)	85 <b>At</b> Astatine (210)	86 <b>Rn</b> Radon (222)
87 <b>Fr</b> Francium (223)	88 <b>Ra</b> Radium (226)	89 - 103 Actinoids	104 <b>Rf</b> Rutherfordium (261)	105 <b>Db</b> Dubnium (268)	106 <b>Sg</b> Seaborgium (269)	107 <b>Bh</b> Bohrium (270)	108 <b>Hs</b> Hassium (269)	109 <b>Mt</b> Meitnerium (278)	110 <b>Ds</b> Darmstadtium (281)	111 <b>Rg</b> Roentgenium (282)	112 <b>Cn</b> Copernicium (285)	113 <b>Nh</b> Nihonium (286)	114 <b>Fl</b> Flerovium (289)	115 <b>Mc</b> Moscovium (289)	116 <b>Lv</b> Livermorium (293)	117 <b>Ts</b> Tennessine (294)	118 <b>Og</b> Oganesson (294)



57 <b>La</b> Lanthanum 138.90547	58 <b>Ce</b> Cerium 140.19	59 <b>Pr</b> Praseodymium 140.90766	60 <b>Nd</b> Neodymium 144.242	61 <b>Pm</b> Promethium (145)	62 <b>Sm</b> Samarium 150.36	63 <b>Eu</b> Europium 151.964	64 <b>Gd</b> Gadolinium 157.25	65 <b>Tb</b> Terbium 158.92535	66 <b>Dy</b> Dysprosium 162.500	67 <b>Ho</b> Holmium 164.93032	68 <b>Er</b> Erbium 167.259	69 <b>Tm</b> Thulium 168.93422	70 <b>Yb</b> Ytterbium 173.045	71 <b>Lu</b> Lutetium 174.9668
89 <b>Ac</b> Actinium (227)	90 <b>Th</b> Thorium 232.0377	91 <b>Pa</b> Protactinium 231.03688	92 <b>U</b> Uranium 238.02891	93 <b>Np</b> Neptunium (237)	94 <b>Pu</b> Plutonium (244)	95 <b>Am</b> Americium (243)	96 <b>Cm</b> Curium (247)	97 <b>Bk</b> Berkelium (247)	98 <b>Cf</b> Californium (251)	99 <b>Es</b> Einsteinium (252)	100 <b>Fm</b> Fermium (257)	101 <b>Md</b> Mendelevium (258)	102 <b>No</b> Nobelium (259)	103 <b>Lr</b> Lawrencium (260)

# Attinidi

1 <b>H</b> Hydrogen 1.008																	2 <b>He</b> Helium 4.002602						
3 <b>Li</b> Lithium 6.94	4 <b>Be</b> Beryllium 9.0121831																	5 <b>B</b> Boron 10.81	6 <b>C</b> Carbon 12.011	7 <b>N</b> Nitrogen 14.007	8 <b>O</b> Oxygen 15.999	9 <b>F</b> Fluorine 18.998403163	10 <b>Ne</b> Neon 20.1797
11 <b>Na</b> Sodium 22.98976928	12 <b>Mg</b> Magnesium 24.305																	13 <b>Al</b> Aluminium 26.9815385	14 <b>Si</b> Silicon 28.0855	15 <b>P</b> Phosphorus 30.973761998	16 <b>S</b> Sulfur 32.06	17 <b>Cl</b> Chlorine 35.45	18 <b>Ar</b> Argon 39.948
19 <b>K</b> Potassium 39.0983	20 <b>Ca</b> Calcium 40.078	21 <b>Sc</b> Scandium 44.955908	22 <b>Ti</b> Titanium 47.867	23 <b>V</b> Vanadium 50.9415	24 <b>Cr</b> Chromium 51.9961	25 <b>Mn</b> Manganese 54.938044	26 <b>Fe</b> Iron 55.845	27 <b>Co</b> Cobalt 58.933194	28 <b>Ni</b> Nickel 58.6934	29 <b>Cu</b> Copper 63.546	30 <b>Zn</b> Zinc 65.38	31 <b>Ga</b> Gallium 69.723	32 <b>Ge</b> Germanium 72.630	33 <b>As</b> Arsenic 74.921595	34 <b>Se</b> Selenium 78.971	35 <b>Br</b> Bromine 79.904	36 <b>Kr</b> Krypton 83.798						
37 <b>Rb</b> Rubidium 85.4678	38 <b>Sr</b> Strontium 87.62	39 <b>Y</b> Yttrium 88.90584	40 <b>Zr</b> Zirconium 91.224	41 <b>Nb</b> Niobium 92.90637	42 <b>Mo</b> Molybdenum 95.95	43 <b>Tc</b> Technetium (98)	44 <b>Ru</b> Ruthenium 101.07	45 <b>Rh</b> Rhodium 102.90550	46 <b>Pd</b> Palladium 106.42	47 <b>Ag</b> Silver 107.8682	48 <b>Cd</b> Cadmium 112.414	49 <b>In</b> Indium 114.818	50 <b>Sn</b> Tin 118.710	51 <b>Sb</b> Antimony 121.760	52 <b>Te</b> Tellurium 127.60	53 <b>I</b> Iodine 126.90447	54 <b>Xe</b> Xenon 131.293						
55 <b>Cs</b> Caesium 132.90545196	56 <b>Ba</b> Barium 137.327	57 - 71 Lanthanoids	72 <b>Hf</b> Hafnium 178.49	73 <b>Ta</b> Tantalum 180.94788	74 <b>W</b> Tungsten 183.84	75 <b>Re</b> Rhenium 186.207	76 <b>Os</b> Osmium 190.23	77 <b>Ir</b> Iridium 192.227	78 <b>Pt</b> Platinum 195.084	79 <b>Au</b> Gold 196.966569	80 <b>Hg</b> Mercury 200.592	81 <b>Tl</b> Thallium 204.38	82 <b>Pb</b> Lead 207.2	83 <b>Bi</b> Bismuth 208.98040	84 <b>Po</b> Polonium (209)	85 <b>At</b> Astatine (210)	86 <b>Rn</b> Radon (222)						
87 <b>Fr</b> Francium (223)	88 <b>Ra</b> Radium (226)	89 - 103 Actinoids	104 <b>Rf</b> Rutherfordium (261)	105 <b>Db</b> Dubnium (268)	106 <b>Sg</b> Seaborgium (269)	107 <b>Bh</b> Bohrium (270)	108 <b>Hs</b> Hassium (269)	109 <b>Mt</b> Meitnerium (278)	110 <b>Ds</b> Darmstadtium (281)	111 <b>Rg</b> Roentgenium (282)	112 <b>Cn</b> Copernicium (285)	113 <b>Nh</b> Nihonium (286)	114 <b>Fl</b> Flerovium (289)	115 <b>Mc</b> Moscovium (289)	116 <b>Lv</b> Livermorium (293)	117 <b>Ts</b> Tennessine (294)	118 <b>Og</b> Oganesson (294)						



57 <b>La</b> Lanthanum 138.90547	58 <b>Ce</b> Cerium 140.18	59 <b>Pr</b> Praseodymium 140.90766	60 <b>Nd</b> Neodymium 144.242	61 <b>Pm</b> Promethium (145)	62 <b>Sm</b> Samarium 150.36	63 <b>Eu</b> Europium 151.964	64 <b>Gd</b> Gadolinium 157.25	65 <b>Tb</b> Terbium 158.92535	66 <b>Dy</b> Dysprosium 162.500	67 <b>Ho</b> Holmium 164.93032	68 <b>Er</b> Erbium 167.259	69 <b>Tm</b> Thulium 168.93422	70 <b>Yb</b> Ytterbium 173.045	71 <b>Lu</b> Lutetium 174.9668
89 <b>Ac</b> Actinium (227)	90 <b>Th</b> Thorium 232.0377	91 <b>Pa</b> Protactinium 231.03688	92 <b>U</b> Uranium 238.02891	93 <b>Np</b> Neptunium (237)	94 <b>Pu</b> Plutonium (244)	95 <b>Am</b> Americium (243)	96 <b>Cm</b> Curium (247)	97 <b>Bk</b> Berkelium (247)	98 <b>Cf</b> Californium (251)	99 <b>Es</b> Einsteinium (252)	100 <b>Fm</b> Fermium (257)	101 <b>Md</b> Mendelevium (258)	102 <b>No</b> Nobelium (259)	103 <b>Lr</b> Lawrencium (260)

## Elementi che formano ioni con una carica prevedibile

1A																7A	8A
H <sup>+</sup>																H <sup>-</sup>	G a s n o b i l i
Li <sup>+</sup>														N <sup>3-</sup>	O <sup>2-</sup>	F <sup>-</sup>	
Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Metalli di transizione										Al <sup>3+</sup>			S <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	
K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>														Se <sup>2-</sup>	Br <sup>-</sup>	
Rb <sup>+</sup>	Sr <sup>2+</sup>														Te <sup>2-</sup>	I <sup>-</sup>	
Cs <sup>+</sup>	Ba <sup>2+</sup>																

▲ FIGURA 2.13 Elementi che formano ioni con carica prevedibile

Il catione perde un numero di elettroni tale da diventare come il gas nobile che lo precede



**METALLI**

**NON  
METALLI**



L'anione acquista un numero di elettroni tale da diventare come il gas nobile che lo segue

# Linguaggio

lettere (a, b, c, ..)

alfabeto

associazione di lettere

parole (bicicletta)



# Materia

atomi (H, C, O, ...)

tavola degli elementi

Associazione di atomi

Molecole (H<sub>2</sub>O)



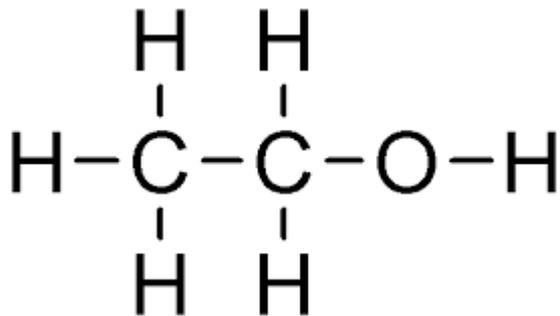
Le **molecole** sono le **parole** della materia

Le parole possono essere scomposte in lettere e le lettere possono poi essere ricomposte in altre parole che hanno altro significato.

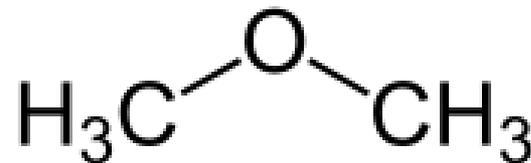
**Esempio:** Con le stesse lettere **a,s,n,o** posso scrivere «**sano**», scomporre e scrivere «**naso**»

Le Molecole possono essere scomposte in elementi e gli elementi ricomposti in altre molecole che hanno proprietà differenti.

**Esempio:** con gli stessi atomi **2C, 6H, 1O** posso scrivere la formula di **alcol etilico**, scomporre e ricomporre in **etere dimetilico**



Alcol etilico



Ettere dimetilico

Da un numero di elementi (poco superiore a 100) si può ottenere un numero elevatissimo di **composti o molecole**, che vengono rappresentati per mezzo di formule.

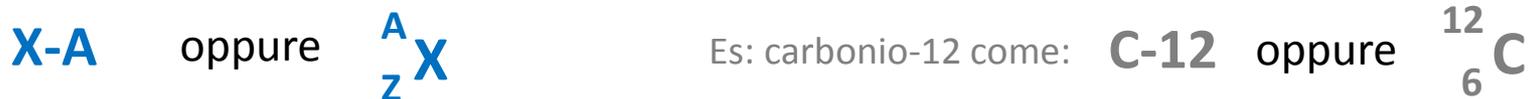
**La formula di un composto mi dice da quali elementi è costituito e in quale rapporto si trovano gli stessi nel composto.**

Es. **H<sub>2</sub>O** è la formula chimica dell'acqua. Ogni molecola di acqua è composta da due atomi di idrogeno (H) e da un atomo di ossigeno (O). Quindi il numero di atomi di idrogeno è doppio rispetto a quelli di ossigeno.

.....e HClO<sub>4</sub>?

## Riassumendo:

- Ciascun elemento è costituito da **atomi**, costituiti da 3 particelle fondamentali: il **protone** (1 u, carica +1); il **neutrone** (1 u, carica 0) e l'**elettrone** (0.00055 u, carica -1)
- Il numero di protoni nel nucleo dell'atomo è detto **numero atomico (Z)** e identifica l'elemento
- La somma del numero di protoni e neutroni è il **numero di massa (A)**
- Atomi di uno stesso elemento (stesso numero di protoni) ma con diverso numero di neutroni (e quindi diverso numero di massa, A) si chiamano **ISOTOPI**
- Gli isotopi sono di solito rappresentati come:



dove X è il simbolo chimico dell'elemento

- Atomi che hanno perso elettroni presentano una carica netta positiva e si chiamano **CATIONI** (ioni positivi)
- Atomi che hanno acquistato elettroni presentano una carica netta negativa e si chiamano **ANIONI** (ioni negativi)

# Riassumendo:

- Gli elementi nella tavola periodica sono elencati in ordine di **numero atomico crescente**

Elementi dei gruppi principali		Elementi di transizione										Elementi dei gruppi principali							
1A 1		2A 2												3A 13	4A 14	5A 15	6A 16	7A 17	8A 18
1	1 H	2 He											13 B	14 C	15 N	16 O	17 F	18 Ne	
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne	
3	11 Na	12 Mg	3B 3	4B 4	5B 5	6B 6	7B 7	8B 8 9 10		1B 11	2B 12	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	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113	114 Fl	115	116 Lv	117	118	

Numero del gruppo

Periodi

- Gli atomi si combinano secondo rapporti espressi da numeri interi e piccoli a formare composti

**Definizione di mole:**  
**unità fondamentale nel SI per la quantità di sostanza**

***Una mole è la quantità di sostanza che contiene  $6.022 \times 10^{23}$  unità***  
(atomi, molecole o, più in generale, particelle);  
unità di misura = *mol*



$$1 \text{ mol} = 6.022 \times 10^{23} \text{ particelle}$$

**NUMERO DI AVOGADRO**



Il valore del numero di Avogadro si basa *sia su una definizione, sia su una misura*

- Per *definizione*, 1 mole di carbonio-12 è pari a 12 g (quantità pesabile a livello macroscopico)
- La massa di un atomo di carbonio-12, *misurata* per spettrometria di massa, è ca.  $1.9926 \times 10^{-23}$  g.  
(Per come è stata definita l'unità di massa atomica (u), tale valore è pari a 12 volte u =>  
 $12 \times 1.66 \times 10^{-24} \text{ g} = 1.9926 \times 10^{-23} \text{ g}$ )

$$\frac{12 \text{ g}}{1.9926 \times 10^{-23} \text{ g}} = 6.022 \times 10^{23} \Rightarrow \text{in 12 g esatti di } {}_6^{12}\text{C puro sono contenuti un numero di Avogadro di atomi di tale elemento puro}$$

***Una mole è la quantità di sostanza che contiene un numero di particelle uguale al numero di atomi contenuti in 12 g esatti di carbonio-12 puro***

Per l'isotopo  ${}_6^{12}\text{C}$ , la **massa di una mole di atomi** (detta anche **massa molare**) è esattamente 12 g, numericamente equivalente alla massa atomica del  ${}_6^{12}\text{C}$ , espressa in unità di massa atomica (12 u)

Le masse di tutti elementi sono determinate rispetto al carbonio-12, quindi generalizzando:

La **massa molare** di un qualsiasi elemento (espressa in g/mol) è **numericamente uguale alla massa atomica** dello stesso elemento, espressa in unità di massa atomica

Elemento	Massa atomica	Massa molare	Numero di particelle contenute in 1 mole
${}^1_6\text{C}$	12 u	12 g/mol	$6.022 \times 10^{23}$
C	12.01 u	12.01 g/mol	$6.022 \times 10^{23}$
Cu	63.55 u	63.55 g/mol	$6.022 \times 10^{23}$
Al	26.98 u	26.98 g/mol	$6.022 \times 10^{23}$
He	4.003 u	4.003 g/mol	$6.022 \times 10^{23}$

- Gli atomi si combinano secondo rapporti espressi da numeri interi e piccoli a formare composti (o molecole)

## Massa molare di una molecola

Si ottiene sommando le masse molari atomiche (dette anche pesi atomici, PA) di tutti gli elementi che la costituiscono.

E' comunemente detta anche

### ***PESO MOLECOLARE (PM)***

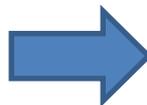
Es. calcoliamo il PM della molecola  $\text{H}_2\text{SO}_4$

PA di H = 1 g/mol

PA di S = 32 g/mol

PA di O = 16 g/mol

$\text{PM} = 1 \times 2 + 32 + 16 \times 4 = 98 \text{ g/mol}$



1 mol di  $\text{H}_2\text{SO}_4$   
corrisponde a 98 g di  
tale composto e  
contiene un  $N_A$  di  
molecole di  $\text{H}_2\text{SO}_4$

Riassumendo:

**Una mole di qualsiasi elemento corrisponde sempre ad una quantità in grammi pari al peso atomico (PA) di quell'elemento e contiene un numero di Avogadro di atomi.**



$$n \text{ moli} = g/PA$$

**Analogamente, una mole di qualsiasi sostanza corrisponde sempre ad una quantità in grammi pari al peso molecolare (PM) di quella sostanza e contiene un numero di Avogadro di molecole.**



$$n \text{ moli} = g/PM$$

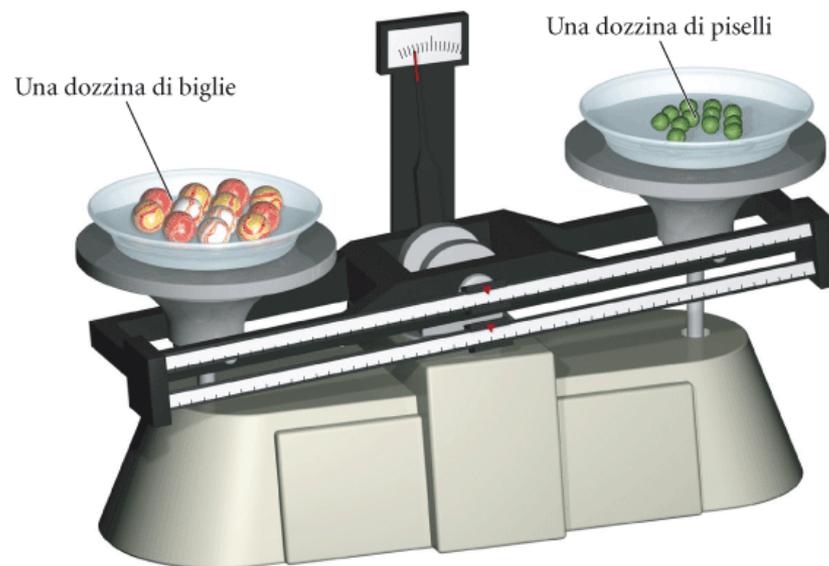
## Perché si usa la mole?

- Dal numero di moli so sempre quanti atomi o molecole sto prendendo in considerazione

Lo stesso numero di grammi di due sostanze diverse corrisponde ad un numero diverso di moli e quindi ad un numero diverso di molecole.

- 18 g di  $\text{H}_2\text{O}$  (PM = 18) sono 1 mole di  $\text{H}_2\text{O}$  e un  $N_A$  di molecole ( $6.022 \times 10^{23}$  molecole)
- 18 g di  $\text{NaCl}$  (PM = 58.45) corrispondono a 0.31 moli e a  $1.867 \times 10^{23}$  molecole

Oppure uguali moli di sostanze diverse = masse differenti



## 1 mole di diverse sostanze (1)



## 1 mole di diverse sostanze (2)



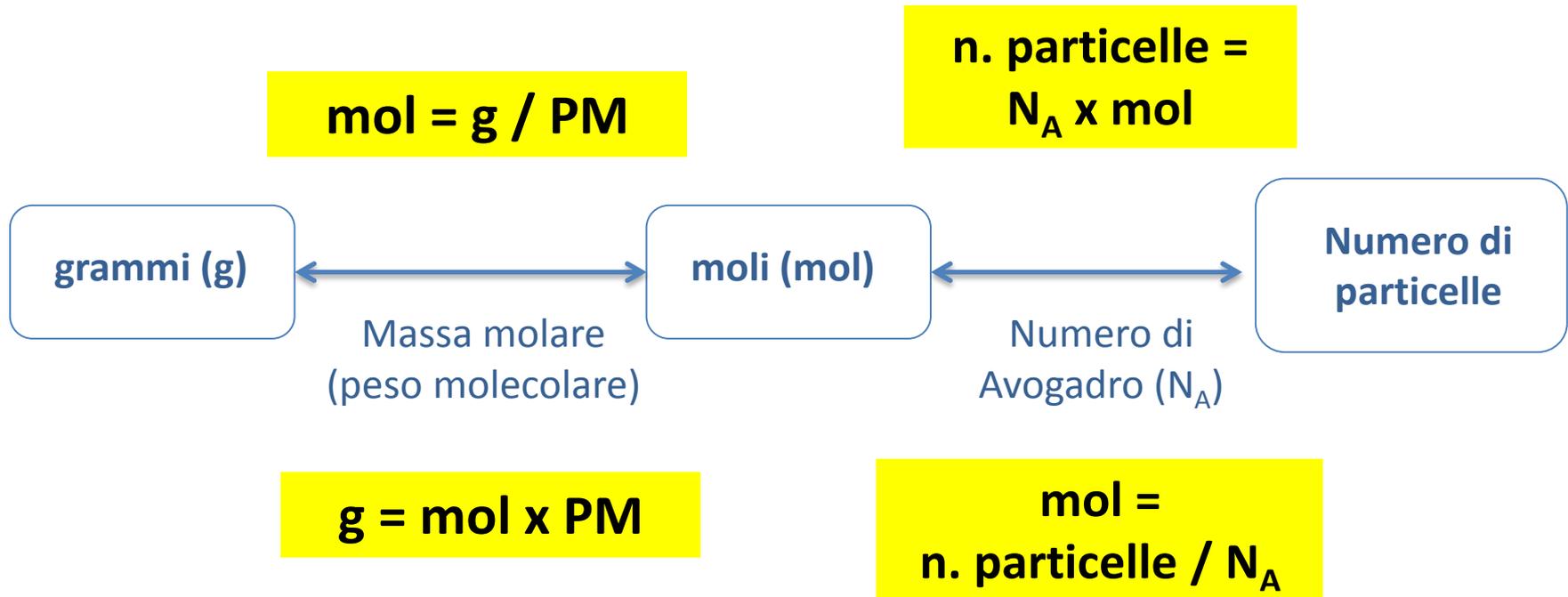
In figura ci sono:

1 mole di  $\text{H}_2\text{O}$  = 18 g  
(stato fisico: liquido)

1 mole di cloruro di sodio ( $\text{NaCl}$ ) = 58,45 g  
(stato fisico: solido)

1 mole di ossigeno molecolare ( $\text{O}_2$ ) = 32 g  
(stato fisico: gassoso)

## Riassumendo:



## ESERCIZI:

**A quante moli corrispondono 525 g di  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ?**

$$\text{PM} = 2 \times 1 + 32 + 4 \times 16 = 98 \text{ g/mol} \quad \Rightarrow \quad n = 525 \text{ (g)} / 98 \text{ (g/mol)} = 5,36 \text{ mol}$$

**Quanti grammi di idrogeno sono contenuti in 525 g di  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ?**

Ogni molecola di  $\text{H}_2\text{SO}_4$  contiene 2 atomi di H.

Quindi le moli di H sono il doppio di quelle di  $\text{H}_2\text{SO}_4$ :

$$n(\text{H}) = 5,36 \text{ mol} \times 2 = 10,72 \text{ mol}$$

$$g(\text{H}) = n(\text{H}) \times \text{PA} = 10,72 \text{ (mol)} \times 1 \text{ (g/mol)} = 10,72 \text{ g}$$

**Quante molecole di  $\text{H}_2\text{SO}_4$  sono contenute in 525 g?**

In 1 mole c'è un numero di Avogadro di molecole.

In 98 g di  $\text{H}_2\text{SO}_4$  c'è un numero di Avogadro di molecole.

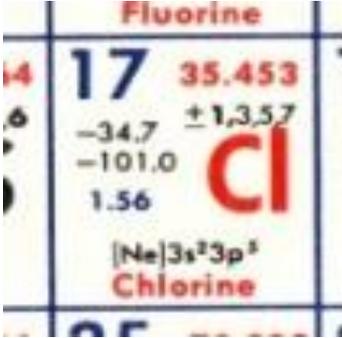
$$98 : 6.022 \times 10^{23} = 525 : x \quad x = (6.022 \times 10^{23} \times 525) / 98 = 3.22 \times 10^{24} \text{ molecole}$$

$$\text{Oppure: } 6.022 \times 10^{23} \times 5,36 = 3.22 \times 10^{24} \text{ molecole}$$

## ESERCIZI:

Calcolare la massa atomica del Cloro sapendo che i suoi due isotopi cloro-35 (massa = 34.969 u) e cloro-37 (massa = 36.966 u) hanno abbondanza naturale pari rispettivamente al 75.8% e 24.2%

$$\text{MASSA ATOMICA del CLORO} = 34.969 \times 0.758 + 36.966 \times 0.242 = 35.453$$



	Fluorine	
14	17	35.453
6	-34.7	+1,357
	-101.0	
	1.56	
		Cl
		[Ne]3s <sup>2</sup> 3p <sup>5</sup>
		Chlorine
	25	