

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?



TAVOLA PERIODICA E PROPRIETÀ DEGLI ELEMENTI

Secondo la International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC)

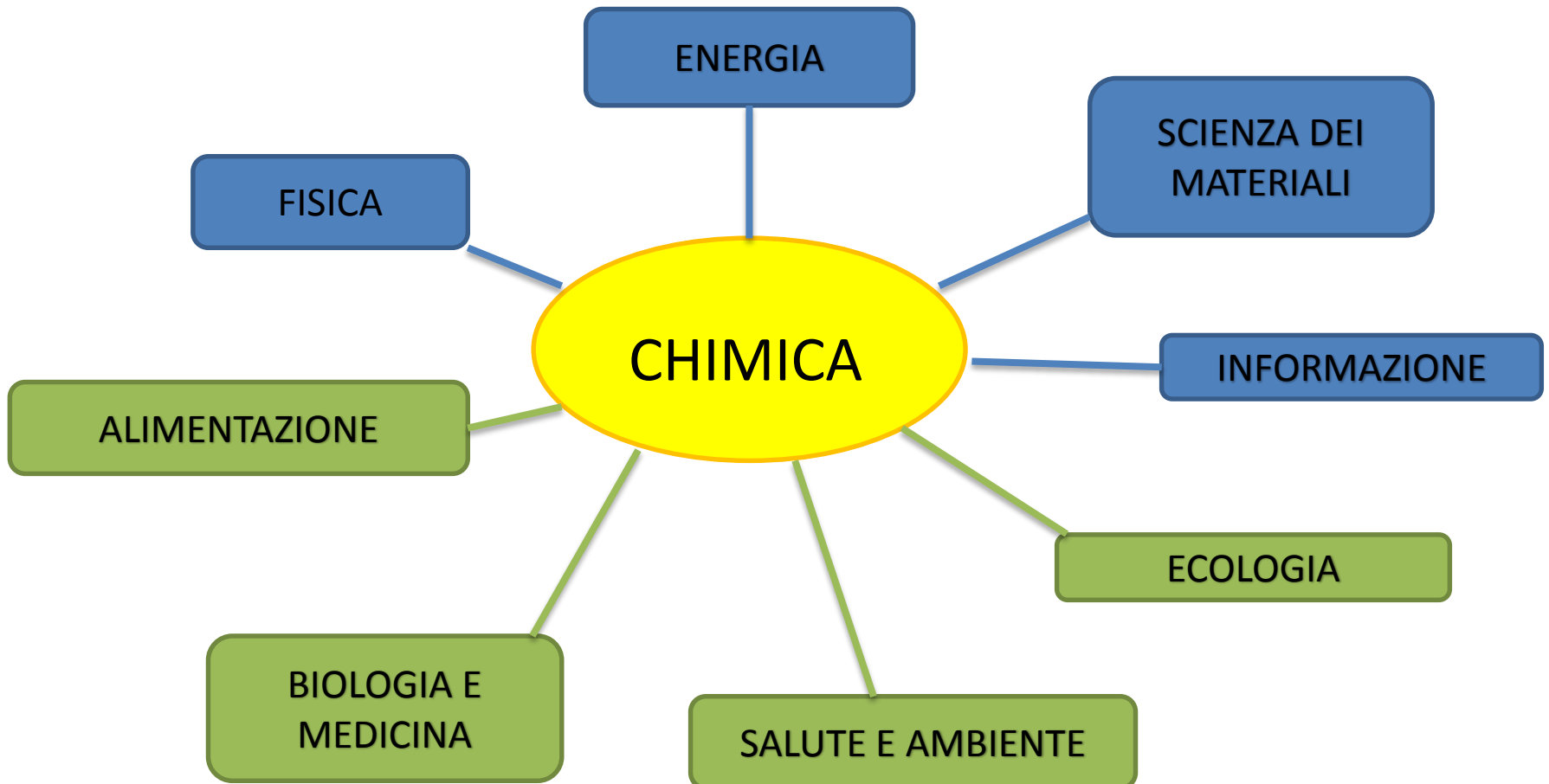


Esperimenti, osservazioni e manipolazioni avvengono nel mondo macroscopico

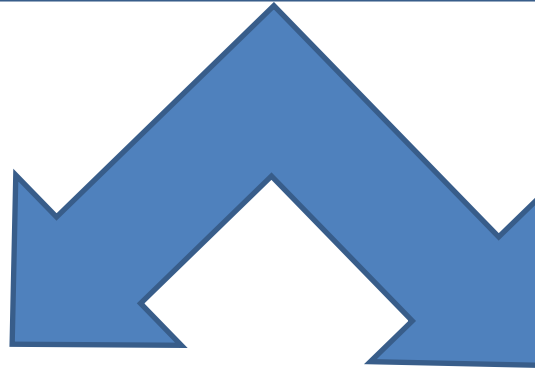
Atomi, molecole e ioni sono in un mondo microscopico e non possono essere visti. Ma non meno reali per questo!

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:



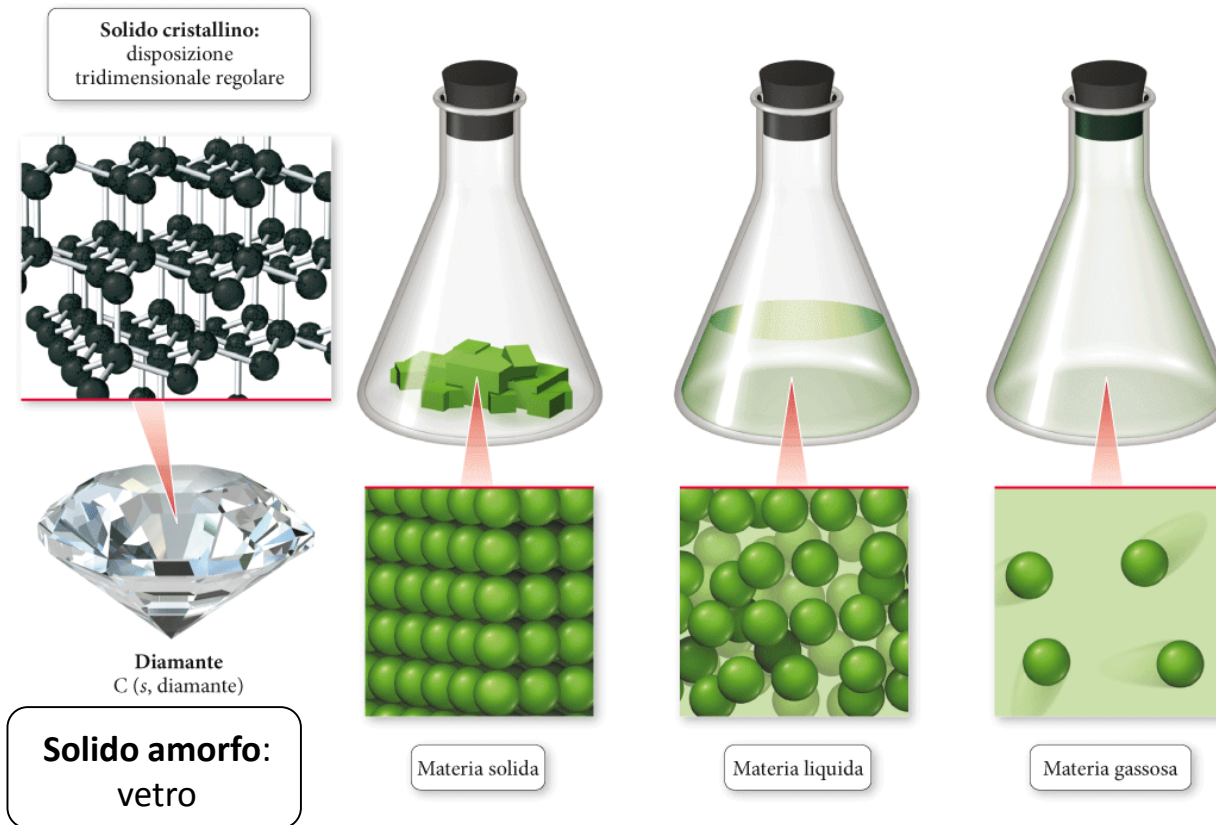
La **MATERIA** è tutto ciò che occupa spazio
e che ha una massa



Stato fisico

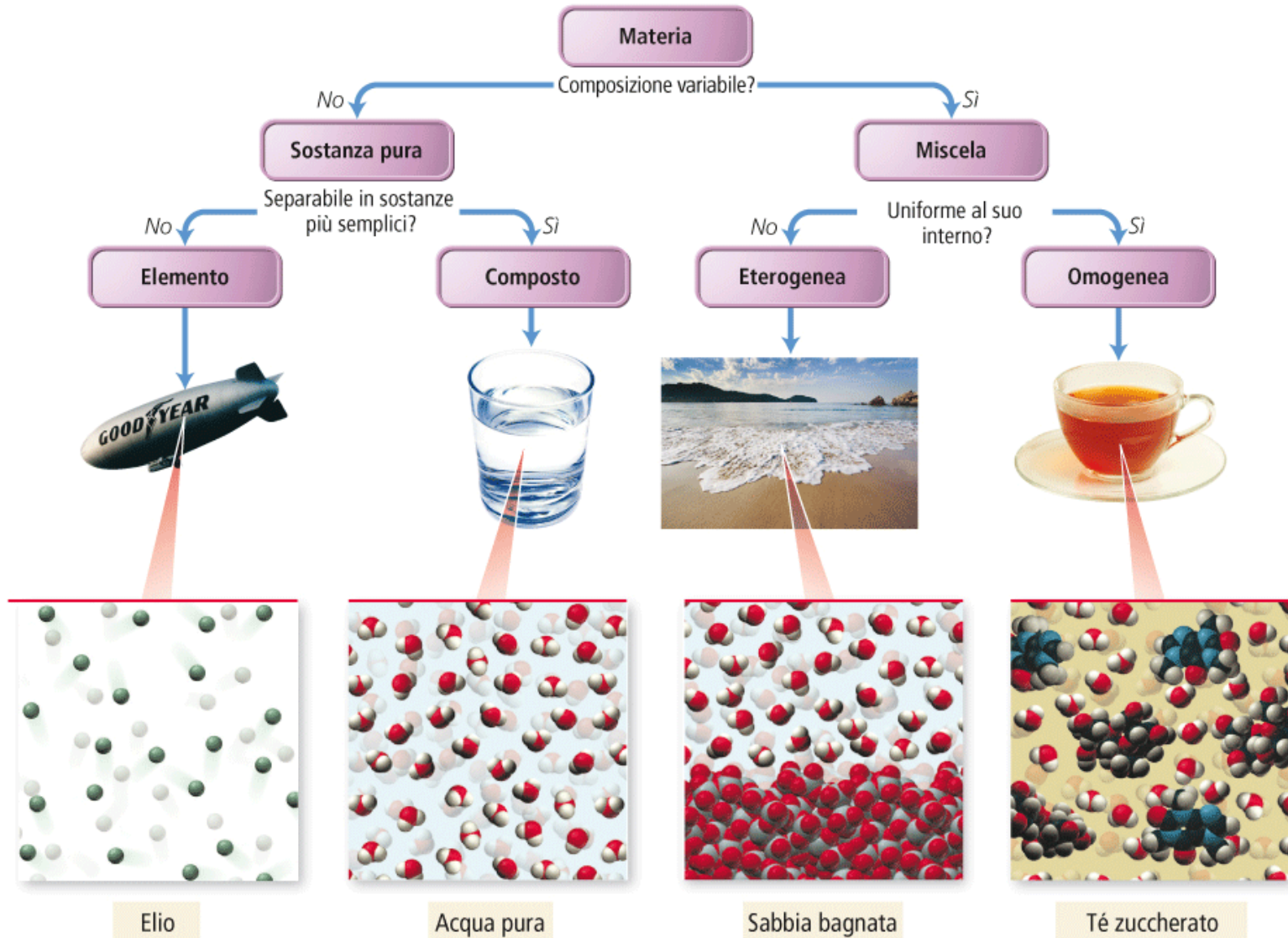
Composizione

Classificazione della materia secondo lo stato fisico



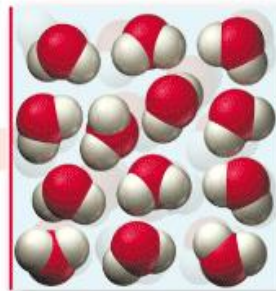
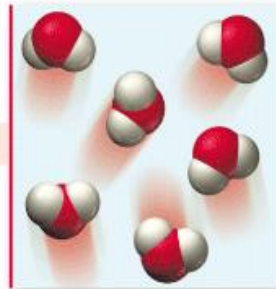
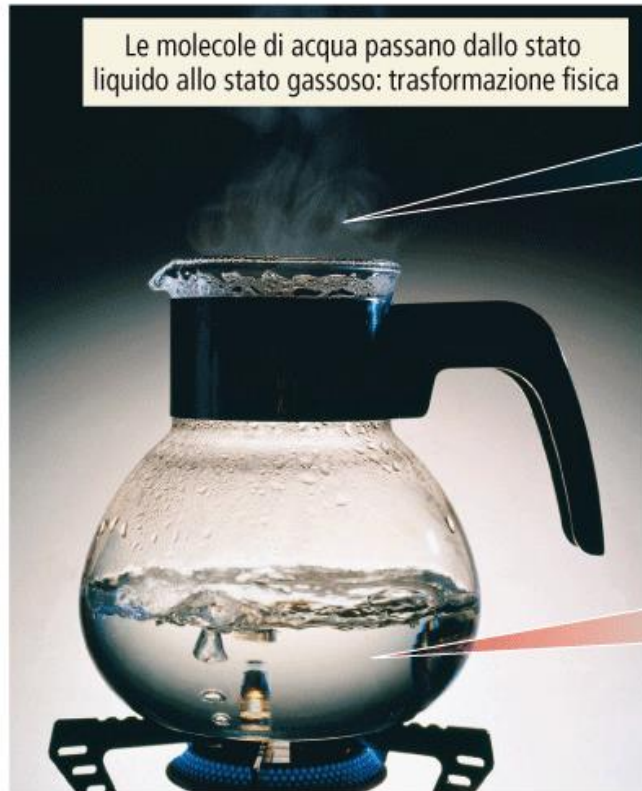
	Solido	Liquido	Gas
Atomi/ molecole	Posizioni fisse (a meno di vibrazioni)	Più liberi di muoversi rispetto al solido	Più liberi di muoversi rispetto al liquido
Volume	Fisso	Fisso	Variabile
Forma	Rigida	Variabile	Variabile

Classificazione della materia secondo la composizione



Trasformazione fisica

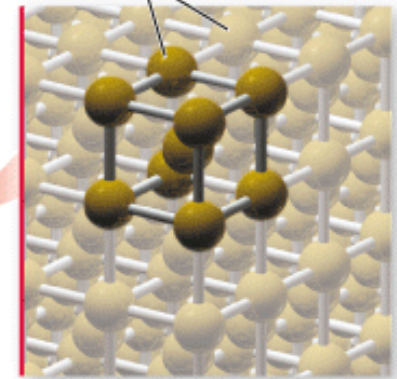
cambia lo stato fisico,
NON cambia la composizione



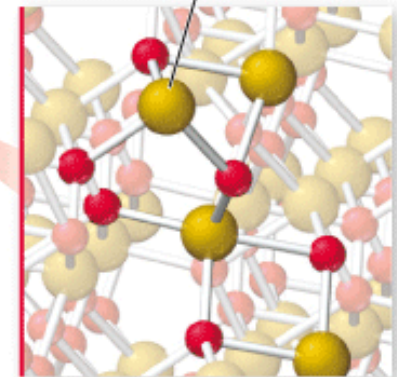
Trasformazione chimica

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

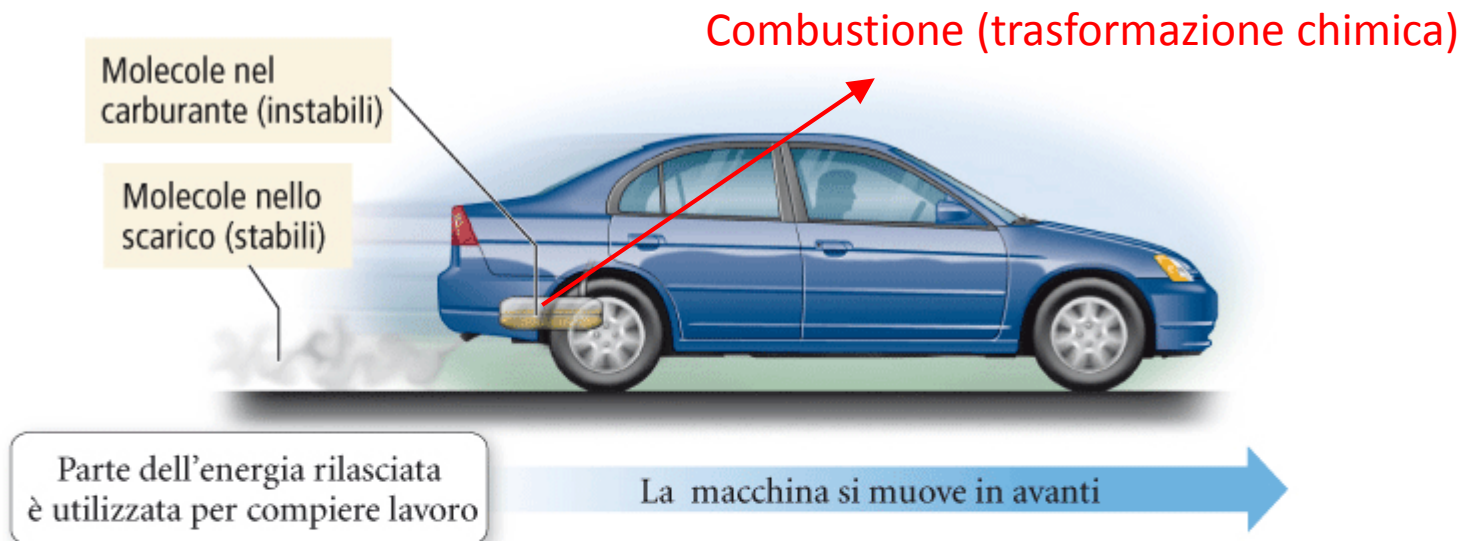
Atomi di ferro



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)

Grandezza fisica	Simbolo della grandezza	Nome dell'unità di misura	Simbolo dell'unità di misura
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

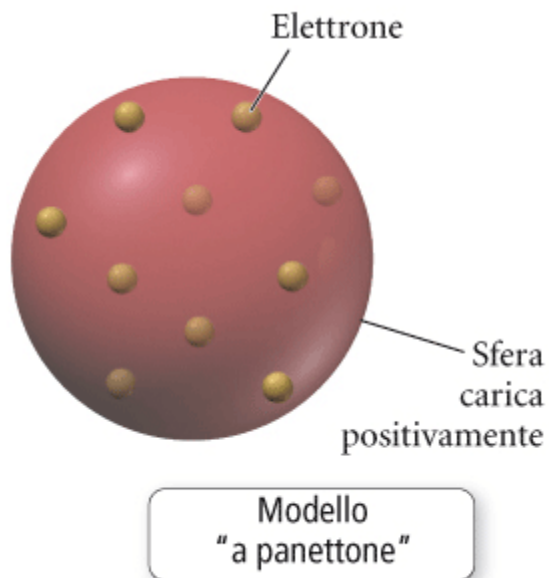
Notazione scientifica	Prefisso	Simbolo	Nome corrente	Equivalente decimale
10^9	Giga	G	Miliardo	1'000'000'000
10^6	Mega	M	Milione	1'000'000
10^3	Kilo	k	Mille	1'000
10^{-2}	Centi	c	Centesimo	0.01
10^{-3}	Milli	m	Millesimo	0.001
10^{-6}	Micro	μ	Milionesimo	0.000001
10^{-9}	Nano	n	Miliardesimo	0.000000001

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**)

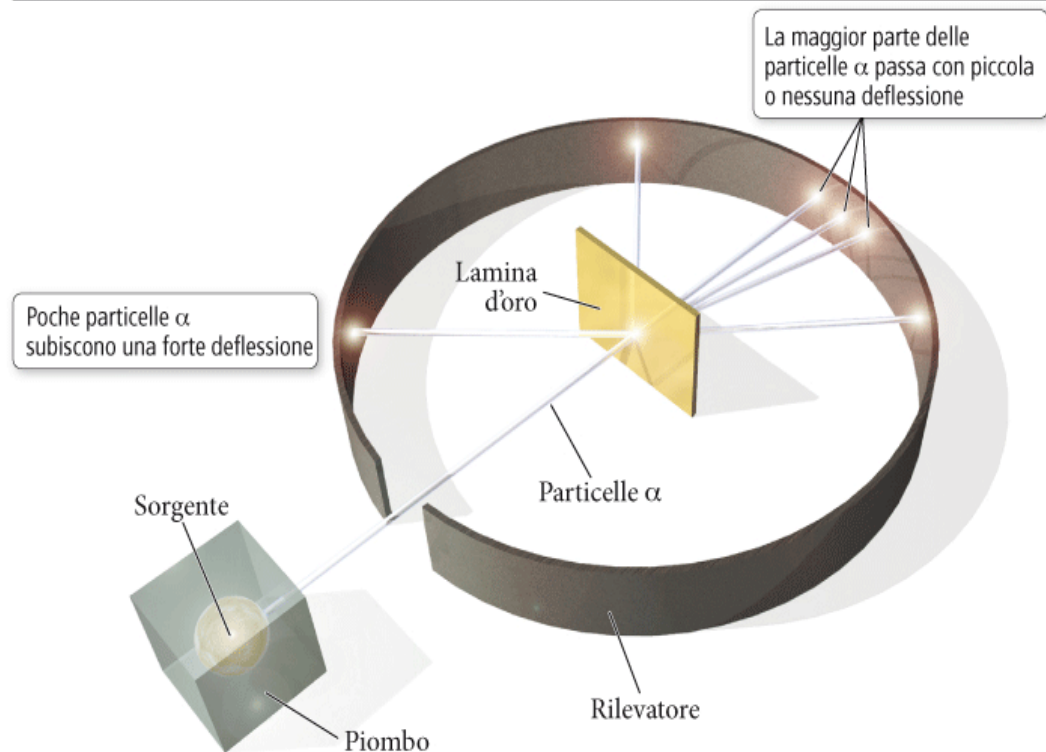
ATOMO HA STRUTTURA INTERNA

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	1.67262×10^{-27}	1.00727	+1	$+1.60218 \times 10^{-19}$
Neutrone	1.67493×10^{-27}	1.00866	0	0
Elettrone	0.00091×10^{-27}	0.00055	-1	-1.60218×10^{-19}

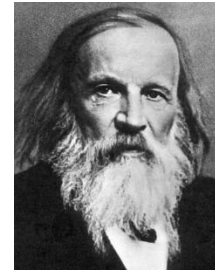
- Protoni e neutroni costituiscono il **nucleo**. Hanno massa simile.
- Elettroni carichi negativamente circondano il nucleo e sono dispersi nel volume dell'atomo che per la maggior parte è vuoto
- L'atomo è elettricamente neutro. Il numero di protoni è uguale al numero di elettroni

1 u = 1 unità di massa atomica = 1.67×10^{-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 H Hydrogen 1.008																	2 He Helium 4.002602						
3 Li Lithium 6.94	4 Be Beryllium 9.0121831																	5 B Boron 10.81	6 C Carbon 12.011	7 N Nitrogen 14.007	8 O Oxygen 15.999	9 F Fluorine 18.998403153	10 Ne Neon 20.1797
11 Na Sodium 22.98976928	12 Mg Magnesium 24.305																	13 Al Aluminium 26.9815385	14 Si Silicon 28.085	15 P Phosphorus 30.973761998	16 S Sulfur 32.06	17 Cl Chlorine 35.45	18 Ar Argon 39.948
19 K Potassium 39.0983	20 Ca Calcium 40.078	21 Sc Scandium 44.955908	22 Ti Titanium 47.867	23 V Vanadium 50.9415	24 Cr Chromium 51.9961	25 Mn Manganese 54.938044	26 Fe Iron 55.845	27 Co Cobalt 58.933194	28 Ni Nickel 58.6934	29 Cu Copper 63.546	30 Zn Zinc 65.38	31 Ga Gallium 69.723	32 Ge Germanium 72.630	33 As Arsenic 74.921595	34 Se Selenium 78.971	35 Br Bromine 79.904	36 Kr Krypton 83.798						
37 Rb Rubidium 85.4678	38 Sr Strontium 87.62	39 Y Yttrium 88.90584	40 Zr Zirconium 91.224	41 Nb Niobium 92.90637	42 Mo Molybdenum 95.95	43 Tc Technetium (98)	44 Ru Ruthenium 101.07	45 Rh Rhodium 102.90550	46 Pd Palladium 106.42	47 Ag Silver 107.8682	48 Cd Cadmium 112.414	49 In Indium 114.818	50 Sn Tin 118.710	51 Sb Antimony 121.760	52 Te Tellurium 127.60	53 I Iodine 126.90447	54 Xe Xenon 131.293						
55 Cs Caesium 132.90545196	56 Ba Barium 137.327	57 - 71 Lanthanoids		72 Hf Hafnium 178.49	73 Ta Tantalum 180.94788	74 W Tungsten 183.84	75 Re Rhenium 186.207	76 Os Osmium 190.23	77 Ir Iridium 192.227	78 Pt Platinum 195.084	79 Au Gold 196.966569	80 Hg Mercury 200.592	81 Tl Thallium 204.38	82 Pb Lead 207.2	83 Bi Bismuth 208.98040	84 Po Polonium (209)	85 At Astatine (210)	86 Rn Radon (222)					
87 Fr Francium (223)	88 Ra Radium (226)	89 - 103 Actinoids		104 Rf Rutherfordium (261)	105 Db Dubnium (268)	106 Sg Seaborgium (269)	107 Bh Bohrium (270)	108 Hs Hassium (269)	109 Mt Meitnerium (278)	110 Ds Darmstadtium (281)	111 Rg Roentgenium (282)	112 Cn Copernicium (285)	113 Nh Nihonium (286)	114 Fl Flerovium (289)	115 Mc Moscovium (289)	116 Lv Livermorium (293)	117 Ts Tennessine (294)	118 Og Oganesson (294)					
57 La Lanthanum 138.90547	58 Ce Cerium 140.16	59 Pr Praseodymium 140.90766	60 Nd Neodymium 144.242	61 Pm Promethium (145)	62 Sm Samarium 150.36	63 Eu Europium 151.964	64 Gd Gadolinium 157.25	65 Tb Terbium 158.92535	66 Dy Dysprosium 162.500	67 Ho Holmium 164.93033	68 Er Erbium 167.259	69 Tm Thulium 168.93422	70 Yb Ytterbium 173.045	71 Lu Lutetium 174.9668									
89 Ac Actinium (227)	90 Th Thorium 232.0377	91 Pa Protactinium 231.03588	92 U Uranium 238.02891	93 Np Neptunium (237)	94 Pu Plutonium (244)	95 Am Americium (243)	96 Cm Curium (247)	97 Bk Berkelium (247)	98 Cf Californium (251)	99 Es Einsteinium (252)	100 Fm Fermium (257)	101 Md Mendelevium (258)	102 No Nobelium (259)	103 Lr 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⁻ internal electron conversion

GROUP
IA

1	1.00797
1	H
1	Hydrogen

IIA

2	4.0026
2	He
2	Helium

IIIA

3	6.939
3	Li
3	Lithium

IIIB

3	9.0122
3	Be
3	Beryllium

IVB

4	12.011
4	B
4	Boron

VB

5	10.811
5	C
5	Carbon

VIB

6	12.01115
6	N
6	Nitrogen

VIIA

7	14.0067
7	O
7	Oxygen

VIIIA

8	15.9994
8	F
8	Fluorine

VIIIA

9	18.9984
9	Ne
9	Neon

VIIIA

10	20.183
10	Na
10	Sodium

VIIIA

11	22.9898
11	Mg
11	Magnesium

VIIIA

12	24.312
12	Al
12	Aluminum

VIIIA

13	26.9815
13	Si
13	Silicon

VIIIA

14	28.086
14	P
14	Phosphorus

VIIIA

15	30.9738
15	S
15	Sulfur

VIIIA

16	32.064
16	Cl
16	Chlorine

VIIIA

17	35.453
17	Ar
17	Argon

VIIIA

18	39.948
18	K
18	Potassium

VIIIA

19	39.102
19	Ca
19	Calcium

VIIIA

20	40.08
20	Sc
20	Scandium

VIIIA

21	44.956
21	Ti
21	Titanium

VIIIA

22	47.90
22	V
22	Vanadium

VIIIA

23	50.942
23	Cr
23	Chromium

VIIIA

24	51.996
24	Mn
24	Manganese

VIIIA

25	54.938
25	Fe
25	Iron

VIIIA

26	55.847
26	Co
26	Cobalt

VIIIA

27	58.933
27	Ni
27	Nickel

VIIIA

28	58.71
28	Cu
28	Copper

VIIIA

29	63.54
29	Zn
29	Zinc

VIIIA

30	65.37
30	Ga
30	Gallium

VIIIA

31	69.72
31	Ge
31	Germanium

VIIIA

32	72.59
32	As
32	Arsenic

VIIIA

33	74.922
33	Se
33	Selenium

VIIIA

34	78.96
34	Br
34	Bromine

VIIIA

35	79.909
35	Kr
35	Krypton

VIIIA

36	83.80
36	Rb
36	Rubidium

VIIIA

37	85.47
37	Sr
37	Strontium

VIIIA

38	87.62
38	Y
38	Yttrium

VIIIA

39	88.905
39	Zr
39	Zirconium

VIIIA

40	91.22
40	Nb
40	Niobium

VIIIA

41	92.906
41	Mo
41	Molybdenum

VIIIA

42	95.94
42	Tc
42	Technetium

VIIIA

43	(98)
43	Ru
43	Ruthenium

VIIIA

44	101.07
44	Rh
44	Rhodium

VIIIA

45	102.905
45	Pd
45	Palladium

VIIIA

46	106.4
46	Ag
46	Silver

VIIIA

47	107.870
47	Cd
47	Cadmium

VIIIA

48	112.40
48	In
48	Indium

VIIIA

49	114.82
49	Sn
49	Tin

VIIIA

50	118.69
50	Sb
50	Antimony

VIIIA

51	121.75
51	Te
51	Tellurium

VIIIA

52	127.60
52	I
52	Iodine

VIIIA

53	126.905
53	Xe
53	Xenon

VIIIA

54	131.30
54	Ra
54	Radium

VIIIA

55	132.905
55	Ac
55	Actinium

VIIIA

56	137.24
56	Th
56	Thorium

VIIIA

57	138.91
57	Pa
57	Protactinium

VIIIA

72	178.49
72	U
72	Uranium

VIIIA

73	180.948
73	Np
73	Neptunium

VIIIA

74	183.85
74	Pu
74	Plutonium

VIIIA

75	186.2
75	Am
75	Americium

VIIIA

76	190.3
76	Cm
76	Curium

VIIIA

77	192.2
77	Bk
77	Berkelium

VIIIA

78	195.09
78	Cf
78	Californium

VIIIA

79	196.967
79	Es
79	Einsteinium

VIIIA

80	200.59
80	Fm
80	Fermium

VIIIA

81	204.37
81	Md
81	Mendelevium

VIIIA

82	207.19
82	No
82	Nobelium

VIIIA

83	208.980
83	Lr
83	Lawrencium

VIIIA

84	(210)
84	Ra
84	Radium

VIIIA

85	(210)
85	Ac
85	Actinium

VIIIA

86	(222)
86	Rn
86	Radon

VIIIA

58	140.12
58	Ce
58	Cerium

VIIIA

59	140.907
59	Pr
59	Praseodymium

VIIIA

60	144.24
60	Nd
60	Neodymium

VIIIA

61	(147)
61	Pm
61	Promethium

VIIIA

62	150.35
62	Sm
62	Samarium

VIIIA

63	151.96
63	Eu
63	Europium

VIIIA

64	157.25
64	Gd
64	Gadolinium

VIIIA

65	158.924
65	Tb
65	Terbium

VIIIA

66	162.50
66	Dy
66	Dysprosium

VIIIA

67	164.930
67	Ho
67	Holmium

VIIIA

68	167.26
68	Er
68	Erbium

VIIIA

69	168.934
69	Tm
69	Thulium

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]3d¹⁰4s²
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 = 1.66×10^{-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.

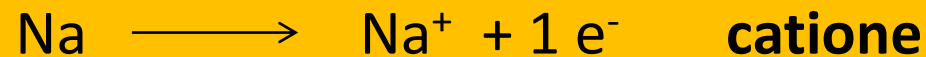
Abbondanza isotopica

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

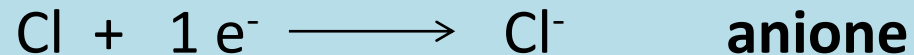
Il numero degli elettroni può variare: gli ioni

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)



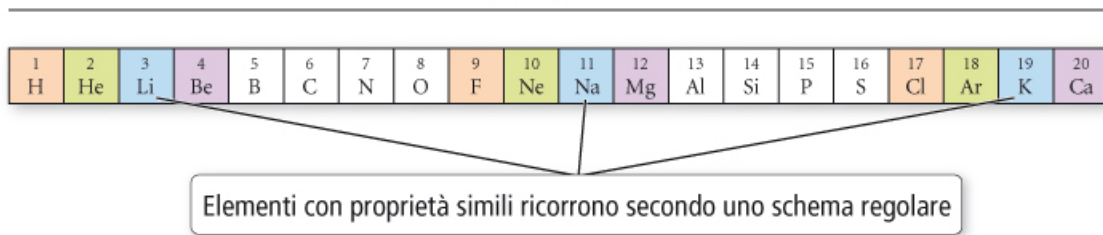
Oppure lo ione si carica negativamente se acquista elettroni



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

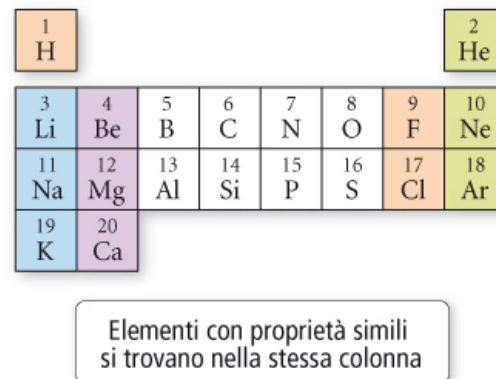
quando gli elementi sono organizzati in ordine di massa crescente, alcune proprietà si ripetono periodicamente.

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

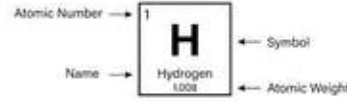
Elementi dei gruppi principali		Elementi di transizione										Elementi dei gruppi principali							
1A 1												8A 18							
Numero del gruppo																			
1A 1		2A 2												3A 13	4A 14	5A 15	6A 16	7A 17	8A 18
1	1 H	2 He												13 B	14 C	15 N	16 O	17 F	18 Ne
2	3 Li	4 Be												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	

▲ **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

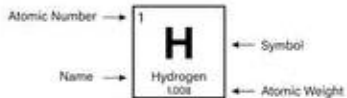
1 H Hydrogen 1.008																	2 He Helium 4.002602						
3 Li Lithium 6.94	4 Be Beryllium 9.0121831																	5 B Boron 10.81	6 C Carbon 12.011	7 N Nitrogen 14.007	8 O Oxygen 15.999	9 F Fluorine 18.998403163	10 Ne Neon 20.1797
11 Na Sodium 22.98976928	12 Mg Magnesium 24.305															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



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

Metalli alcalini

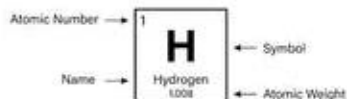
1 H Hydrogen 1.008																	2 He Helium 4.002602
3 Li Lithium 6.94	4 Be Beryllium 9.0121832																
11 Na Sodium 22.98976928	12 Mg Magnesium 24.305																
19 K Potassium 39.0983	20 Ca Calcium 40.078	21 Sc Scandium 44.955908	22 Ti Titanium 47.867	23 V Vanadium 50.9415	24 Cr Chromium 51.9961	25 Mn Manganese 54.938044	26 Fe Iron 55.845	27 Co Cobalt 58.933194	28 Ni Nickel 58.6934	29 Cu Copper 63.546	30 Zn Zinc 65.38	31 Ga Gallium 69.723	32 Ge Germanium 72.630	33 As Arsenic 74.921595	34 Se Selenium 78.971	35 Br Bromine 79.904	36 Kr Krypton 83.798
37 Rb Rubidium 85.4678	38 Sr Strontium 87.62	39 Y Yttrium 88.90584	40 Zr Zirconium 91.224	41 Nb Niobium 92.90637	42 Mo Molybdenum 95.95	43 Tc Technetium (98)	44 Ru Ruthenium 101.07	45 Rh Rhodium 102.90550	46 Pd Palladium 106.42	47 Ag Silver 107.8682	48 Cd Cadmium 112.414	49 In Indium 114.818	50 Sn Tin 118.710	51 Sb Antimony 121.760	52 Te Tellurium 127.60	53 I Iodine 126.90447	54 Xe Xenon 131.293
55 Cs Cesium 132.90545196	56 Ba Barium 137.327	57 - 71 Lanthanoids	72 Hf Hafnium 178.49	73 Ta Tantalum 180.94788	74 W Tungsten 183.84	75 Re Rhenium 186.207	76 Os Osmium 190.23	77 Ir Iridium 192.222	78 Pt Platinum 195.084	79 Au Gold 196.966569	80 Hg Mercury 200.592	81 Tl Thallium 204.38	82 Pb Lead 207.2	83 Bi Bismuth 208.98040	84 Po Polonium (209)	85 At Astatine (210)	86 Rn Radon (222)
87 Fr Francium (223)	88 Ra Radium (226)	89 - 103 Actinoids	104 Rf Rutherfordium (261)	105 Db Dubnium (268)	106 Sg Seaborgium (269)	107 Bh Bohrium (270)	108 Hs Hassium (269)	109 Mt Meitnerium (278)	110 Ds Darmstadtium (281)	111 Rg Roentgenium (282)	112 Cn Copernicium (285)	113 Nh Nihonium (286)	114 Fl Flerovium (289)	115 Mc Moscovium (289)	116 Lv Livermorium (293)	117 Ts Tennessine (294)	118 Og Oganesson (294)



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

Metalli alcalino-terrosi

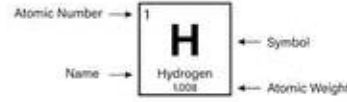
1 H Hydrogen 1.008																	2 He Helium 4.002602
3 Li Lithium 6.94	4 Be Beryllium 9.0121832																
11 Na Sodium 22.98976928	12 Mg Magnesium 24.305																
19 K Potassium 39.0983	20 Ca Calcium 40.078	21 Sc Scandium 44.955908	22 Ti Titanium 47.867	23 V Vanadium 50.9415	24 Cr Chromium 51.9961	25 Mn Manganese 54.938044	26 Fe Iron 55.845	27 Co Cobalt 58.933194	28 Ni Nickel 58.6934	29 Cu Copper 63.546	30 Zn Zinc 65.36	31 Ga Gallium 69.723	32 Ge Germanium 72.630	33 As Arsenic 74.921595	34 Se Selenium 78.971	35 Br Bromine 79.904	36 Kr Krypton 83.798
37 Rb Rubidium 85.4678	38 Sr Strontium 87.62	39 Y Yttrium 88.90584	40 Zr Zirconium 91.224	41 Nb Niobium 92.90637	42 Mo Molybdenum 95.95	43 Tc Technetium (98)	44 Ru Ruthenium 101.07	45 Rh Rhodium 102.90550	46 Pd Palladium 106.42	47 Ag Silver 107.8682	48 Cd Cadmium 112.414	49 In Indium 114.818	50 Sn Tin 118.710	51 Sb Antimony 121.760	52 Te Tellurium 127.60	53 I Iodine 126.90447	54 Xe Xenon 131.293
55 Cs Caesium 132.90545196	56 Ba Barium 137.327	57 - 71 Lanthanoids	72 Hf Hafnium 178.49	73 Ta Tantalum 180.94788	74 W Tungsten 183.84	75 Re Rhenium 186.207	76 Os Osmium 190.23	77 Ir Iridium 192.227	78 Pt Platinum 195.084	79 Au Gold 196.966569	80 Hg Mercury 200.592	81 Tl Thallium 204.38	82 Pb Lead 207.2	83 Bi Bismuth 208.98040	84 Po Polonium (209)	85 At Astatine (210)	86 Rn Radon (222)
87 Fr Francium (223)	88 Ra Radium (226)	89 - 103 Actinoids	104 Rf Rutherfordium (261)	105 Db Dubnium (268)	106 Sg Seaborgium (269)	107 Bh Bohrium (270)	108 Hs Hassium (269)	109 Mt Meitnerium (278)	110 Ds Darmstadtium (281)	111 Rg Roentgenium (282)	112 Cn Copernicium (285)	113 Nh Nihonium (286)	114 Fl Flerovium (289)	115 Mc Moscovium (289)	116 Lv Livermorium (293)	117 Ts Tennessine (294)	118 Og Oganesson (294)



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

Semimetalli o Metalloidi

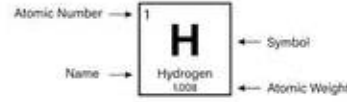
1 H Hydrogen 1.008																	2 He Helium 4.002602
3 Li Lithium 6.94	4 Be Beryllium 9.0121831																
11 Na Sodium 22.98976928	12 Mg Magnesium 24.305																
19 K Potassium 39.0983	20 Ca Calcium 40.078	21 Sc Scandium 44.955908	22 Ti Titanium 47.867	23 V Vanadium 50.9415	24 Cr Chromium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



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

Non metalli

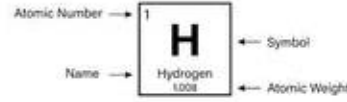
1 H Hydrogen 1.008																	2 He Helium 4.002602						
3 Li Lithium 6.94	4 Be Beryllium 9.0121831																	5 B Boron 10.81	6 C Carbon 12.011	7 N Nitrogen 14.007	8 O Oxygen 15.999	9 F Fluorine 18.998403163	10 Ne Neon 20.1797
11 Na Sodium 22.98976928	12 Mg Magnesium 24.305															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



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

Alogeni

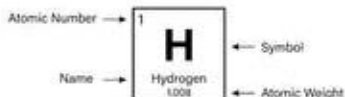
1 H Hydrogen 1.008																	2 He Helium 4.002602						
3 Li Lithium 6.94	4 Be Beryllium 9.0121831																	5 B Boron 10.81	6 C Carbon 12.011	7 N Nitrogen 14.007	8 O Oxygen 15.999	9 F Fluorine 18.998403163	10 Ne Neon 20.1797
11 Na Sodium 22.98976928	12 Mg Magnesium 24.305															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



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

Metalli del blocco p o 'post-transition metals'

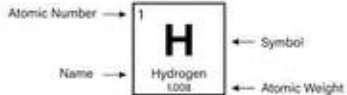
1 H Hydrogen 1.008																	2 He Helium 4.002602
3 Li Lithium 6.94	4 Be Beryllium 9.0121831																
11 Na Sodium 22.98976928	12 Mg Magnesium 24.305																
19 K Potassium 39.0983	20 Ca Calcium 40.078	21 Sc Scandium 44.955908	22 Ti Titanium 47.867	23 V Vanadium 50.9415	24 Cr Chromium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



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

Metalli di transizione

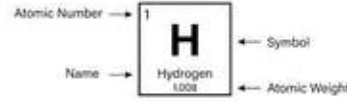
1 H Hydrogen 1.008																	2 He Helium 4.002602
3 Li Lithium 6.94	4 Be Beryllium 9.0121831																
11 Na Sodium 22.98976928	12 Mg Magnesium 24.305																
19 K Potassium 39.0983	20 Ca Calcium 40.078	21 Sc Scandium 44.955908	22 Ti Titanium 47.867	23 V Vanadium 50.9415	24 Cr Chromium 51.9961	25 Mn Manganese 54.938044	26 Fe Iron 55.845	27 Co Cobalt 58.933194	28 Ni Nickel 58.6934	29 Cu Copper 63.546	30 Zn Zinc 65.36	31 Ga Gallium 69.723	32 Ge Germanium 72.630	33 As Arsenic 74.921595	34 Se Selenium 78.971	35 Br Bromine 79.904	36 Kr Krypton 83.798
37 Rb Rubidium 85.4678	38 Sr Strontium 87.62	39 Y Yttrium 88.90584	40 Zr Zirconium 91.224	41 Nb Niobium 92.90637	42 Mo Molybdenum 95.95	43 Tc Technetium (98)	44 Ru Ruthenium 101.07	45 Rh Rhodium 102.90550	46 Pd Palladium 106.42	47 Ag Silver 107.8682	48 Cd Cadmium 112.414	49 In Indium 114.818	50 Sn Tin 118.710	51 Sb Antimony 121.760	52 Te Tellurium 127.60	53 I Iodine 126.90447	54 Xe Xenon 131.293
55 Cs Cesium 132.90545196	56 Ba Barium 137.327	57 - 71 Lanthanoids	72 Hf Hafnium 178.49	73 Ta Tantalum 180.94788	74 W Tungsten 183.84	75 Re Rhenium 186.207	76 Os Osmium 190.23	77 Ir Iridium 192.227	78 Pt Platinum 195.084	79 Au Gold 196.966569	80 Hg Mercury 200.592	81 Tl Thallium 204.38	82 Pb Lead 207.2	83 Bi Bismuth 208.98040	84 Po Polonium (209)	85 At Astatine (210)	86 Rn Radon (222)
87 Fr Francium (223)	88 Ra Radium (226)	89 - 103 Actinoids	104 Rf Rutherfordium (261)	105 Db Dubnium (268)	106 Sg Seaborgium (269)	107 Bh Bohrium (270)	108 Hs Hassium (285)	109 Mt Meitnerium (276)	110 Ds Darmstadtium (281)	111 Rg Roentgenium (282)	112 Cn Copernicium (285)	113 Nh Nihonium (286)	114 Fl Flerovium (289)	115 Mc Moscovium (288)	116 Lv Livermorium (293)	117 Ts Tennessine (294)	118 Og Oganesson (294)



57 La Lanthanum 138.90547	58 Ce Cerium 140.18	59 Pr Praseodymium 140.90766	60 Nd Neodymium 144.242	61 Pm Promethium (145)	62 Sm Samarium 150.36	63 Eu Europium 151.964	64 Gd Gadolinium 157.25	65 Tb Terbium 158.92535	66 Dy Dysprosium 162.500	67 Ho Holmium 164.93033	68 Er Erbium 167.259	69 Tm Thulium 168.93422	70 Yb Ytterbium 173.045	71 Lu Lutetium 174.9668
89 Ac Actinium (227)	90 Th Thorium 232.0377	91 Pa Protactinium 231.03688	92 U Uranium 238.02891	93 Np Neptunium (237)	94 Pu Plutonium (244)	95 Am Americium (243)	96 Cm Curium (247)	97 Bk Berkelium (247)	98 Cf Californium (251)	99 Es Einsteinium (252)	100 Fm Fermium (257)	101 Md Mendelevium (258)	102 No Nobelium (259)	103 Lr Lawrencium (260)

Lantanidi

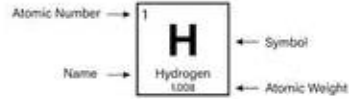
1 H Hydrogen 1.008																	2 He Helium 4.002602
3 Li Lithium 6.94	4 Be Beryllium 9.0121831																
11 Na Sodium 22.98976928	12 Mg Magnesium 24.305																
19 K Potassium 39.0983	20 Ca Calcium 40.078	21 Sc Scandium 44.955908	22 Ti Titanium 47.867	23 V Vanadium 50.9415	24 Cr Chromium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



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

Attinidi

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



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

Elementi che formano ioni con una carica prevedibile

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

▲ 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 (H₂O)



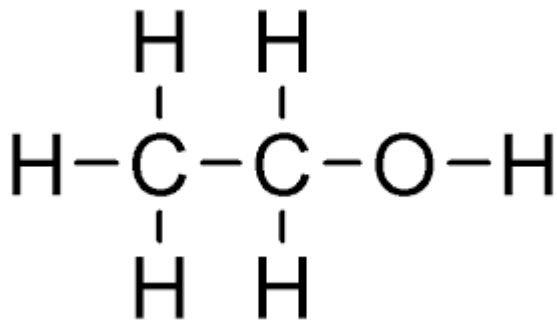
Le **molecole** sono le **parole** della materia

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

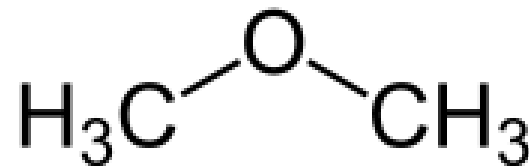
Esempio: Con le stesse lettere **a,s,n,o** posso scrivere «**sano**», scomporre e scrivere «**naso**»

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



Etere 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.

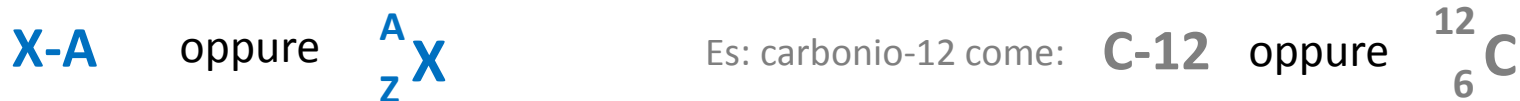
La formula di un composto mi dice da quali elementi è costituito e in quale rapporto si trovano gli stessi nel composto.

Es. **H₂O** 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 HClO₄?

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 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar	
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 6.022×10^{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. 1.9926×10^{-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	6.022×10^{23}
C	12.01 u	12.01 g/mol	6.022×10^{23}
Cu	63.55 u	63.55 g/mol	6.022×10^{23}
Al	26.98 u	26.98 g/mol	6.022×10^{23}
He	4.003 u	4.003 g/mol	6.022×10^{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)

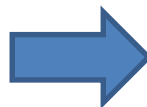
Es. calcoliamo il PM della molecola H_2SO_4

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 H_2SO_4
corrisponde a 98 g di
tale composto e
contiene un N_A di
molecole di H_2SO_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.



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

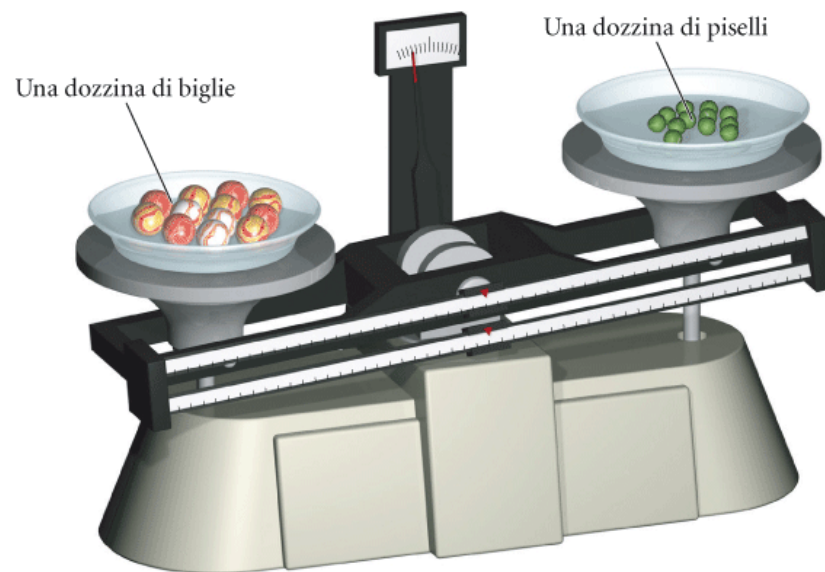
Perché si usa la mole?

- 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 H_2O (PM = 18) sono 1 mole di H_2O e un N_A di molecole (6.022×10^{23} molecole)
- 18 g di NaCl (PM = 58.45) corrispondono a 0.31 moli e a 1.867×10^{23} molecole

Oppure uguali moli di sostanze diverse = masse differenti



1 mole di diverse sostanze (1)



1 mole di diverse sostanze (2)



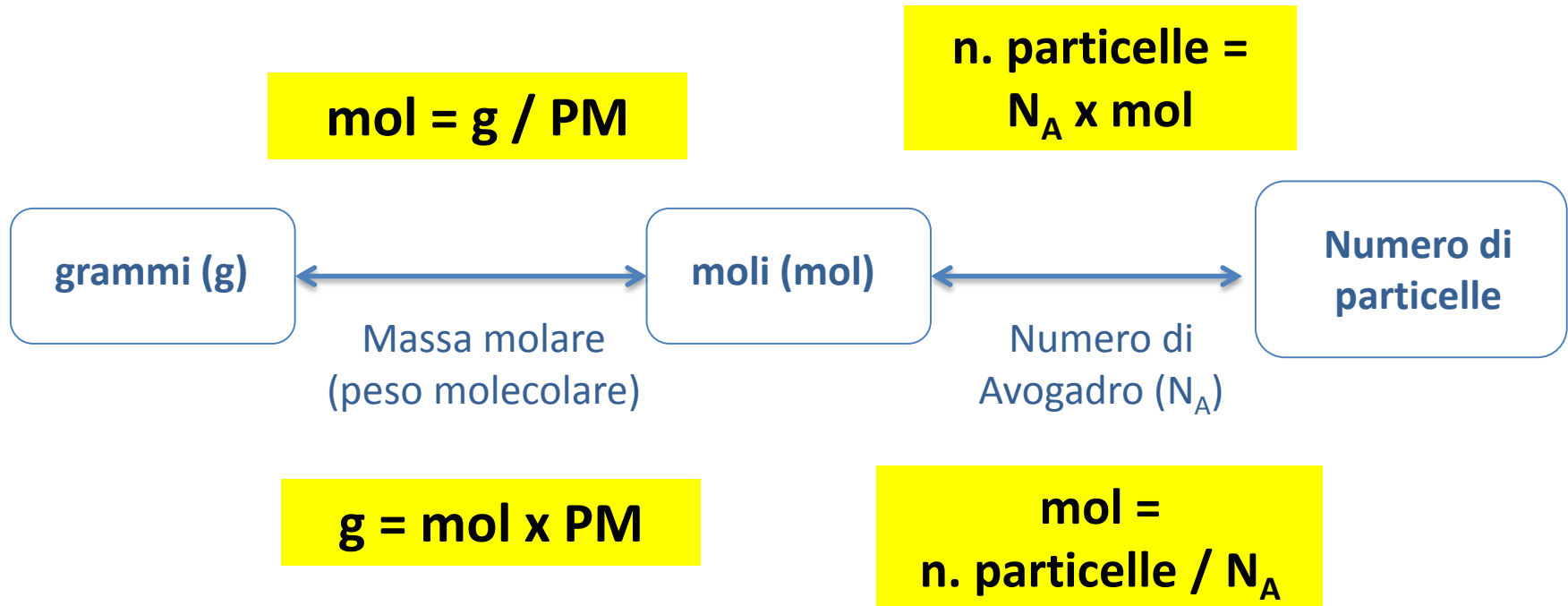
In figura ci sono:

1 mole di H_2O = 18 g
(stato fisico: liquido)

1 mole di cloruro di sodio (NaCl) = 58,45 g
(stato fisico: solido)

1 mole di ossigeno molecolare (O_2) = 32 g
(stato fisico: gassoso)

Riassumendo:



ESERCIZI:

A quante moli corrispondono 525 g di H₂SO₄?

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

Quanti grammi di idrogeno sono contenuti in 525 g di H₂SO₄?

Ogni molecola di H₂SO₄ contiene 2 atomi di H.

Quindi le moli di H sono il doppio di quelle di H₂SO₄:

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

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

Quante molecole di H₂SO₄ sono contenute in 525 g?

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

In 98 g di H₂SO₄ c'è un numero di Avogadro di molecole.

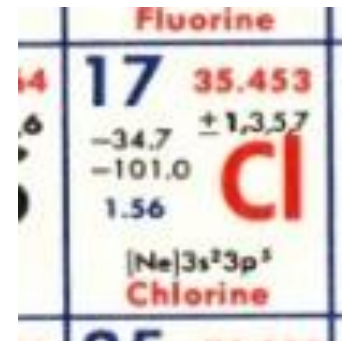
$$98 : 6.022 \times 10^{23} = 525 : x \quad x = (6.022 \times 10^{23} \times 525) / 98 = 3.22 \times 10^{24} \text{ molecole}$$

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

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	Cl
	1.56	
	[Ne]3s ² 3p ⁵	
	Chlorine	
	05	