

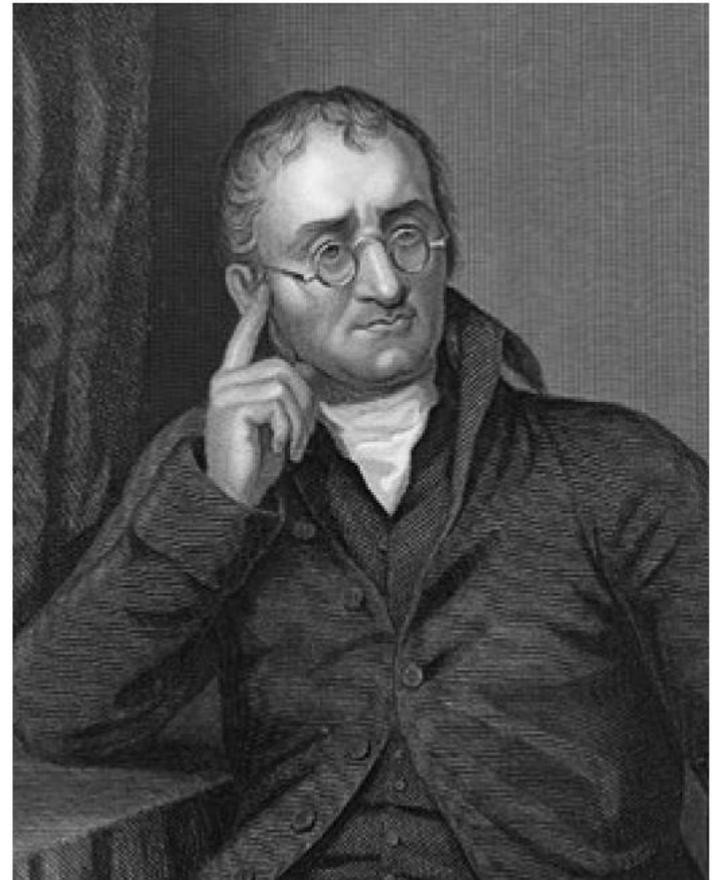
fase: porzione di un sistema in cui le proprietà fisiche sono identiche in ogni punto, separata dal resto da superfici limitanti

La teoria atomica

Prime ipotesi dell'esistenza di atomi: Democrito, V secolo a.C.

Teoria scientifica: Dalton, inizio del XIX secolo d.C.

- Materia formata da atomi (indivisibili).
- Atomi dello stesso elemento sono tra loro uguali per dimensioni e proprietà.
- Sostanze diverse sono formate da atomi diversi.
- Le reazioni chimiche comportano un riarrangiamento di atomi, ma non la creazione o la distruzione di atomi (**conservazione della massa** = conservazione del numero e del tipo di atomi!).

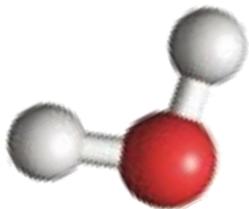


Legge della conservazione della massa (Lavoisier)

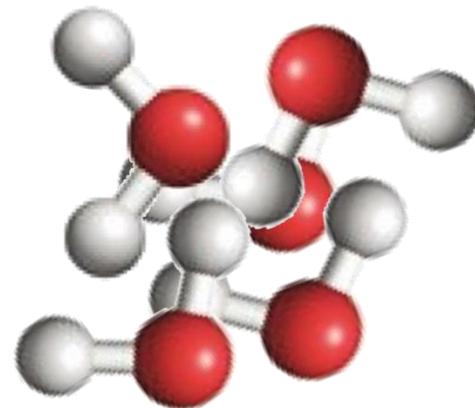
Candela che brucia:

Massa cera + massa ossigeno = massa anidride carbonica + massa di acqua

Legge di Proust o delle proporzioni definite:



Campioni diversi dello stesso composto contengono proporzioni definite degli stessi elementi.



Es. Ogni campione d'acqua contiene sempre le stesse proporzioni di **idrogeno** e **ossigeno**

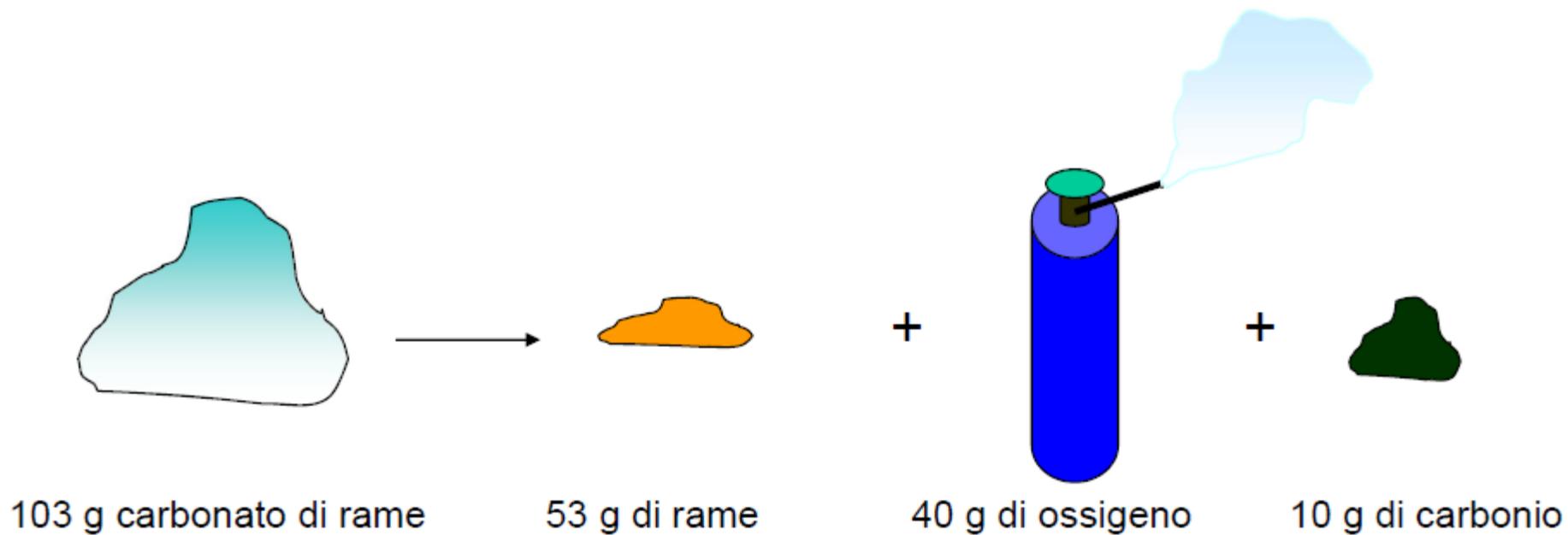
In **massa** risulta sempre: 1 parte di **idrogeno** e 8 parti di **ossigeno**

In **numero di atomi** risulta sempre: atomi di **idrogeno** sono il doppio di quelli di **ossigeno**

Nella formazione di composti, gli elementi si combinano in rapporti specifici, non casuali

Legge di Proust o delle proporzioni definite:

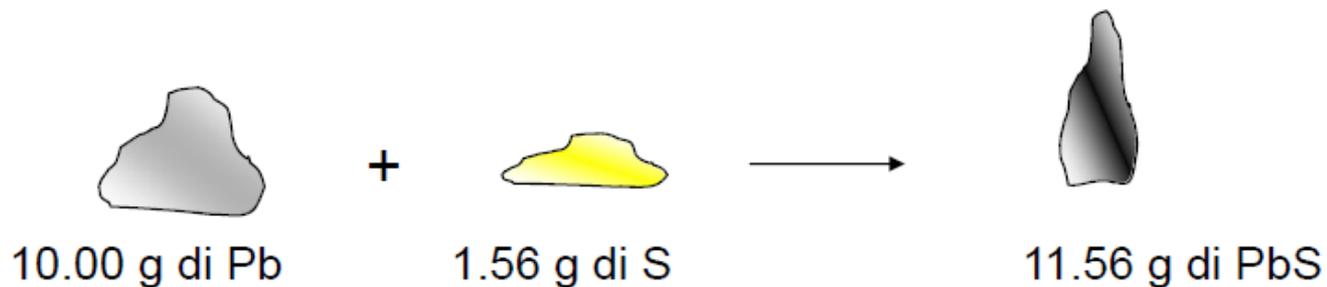
In un composto il rapporto degli elementi componenti è costante.



* Valida per gas, eccezione: solidi non stechiometrici

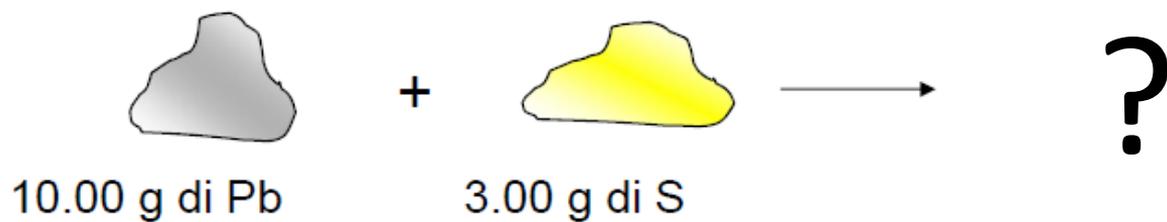
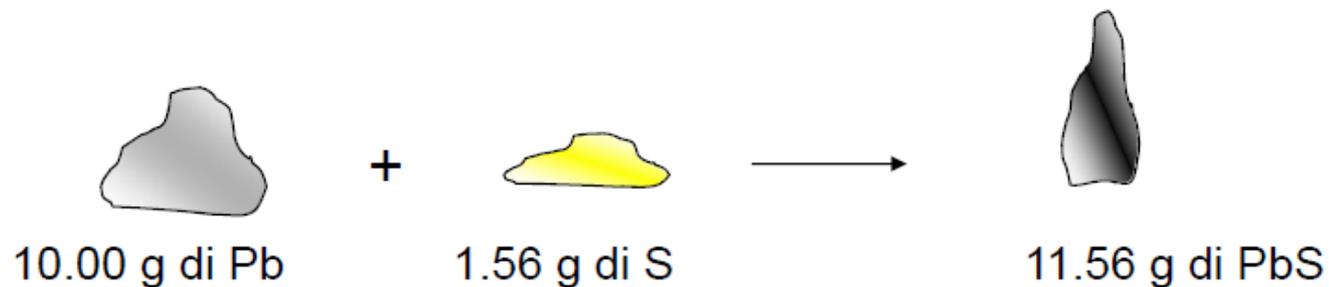
Legge di Proust o delle proporzioni definite:

Berzelius (1779-1848)



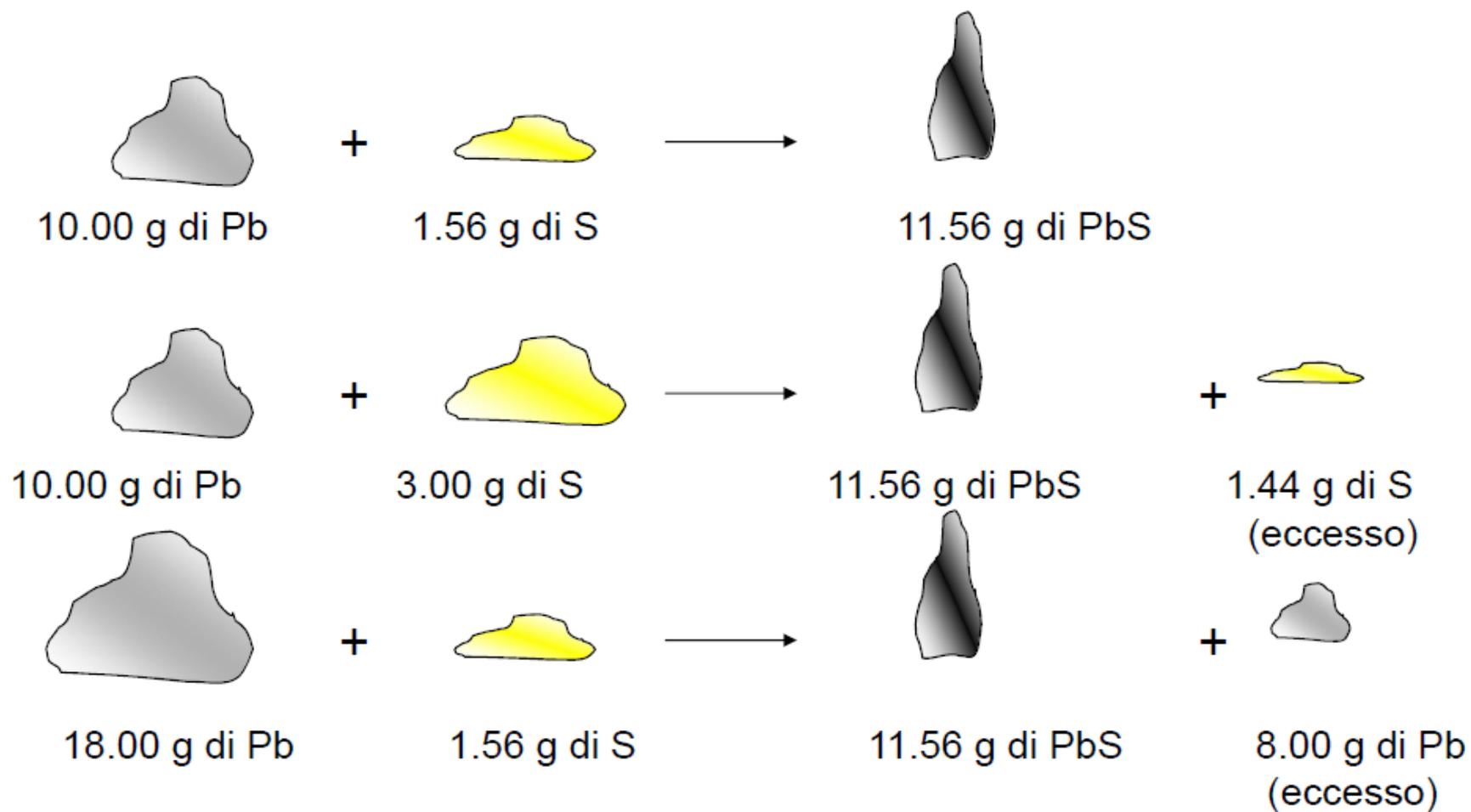
Legge di Proust o delle proporzioni definite:

Berzelius (1779-1848)



Legge di Proust o delle proporzioni definite:

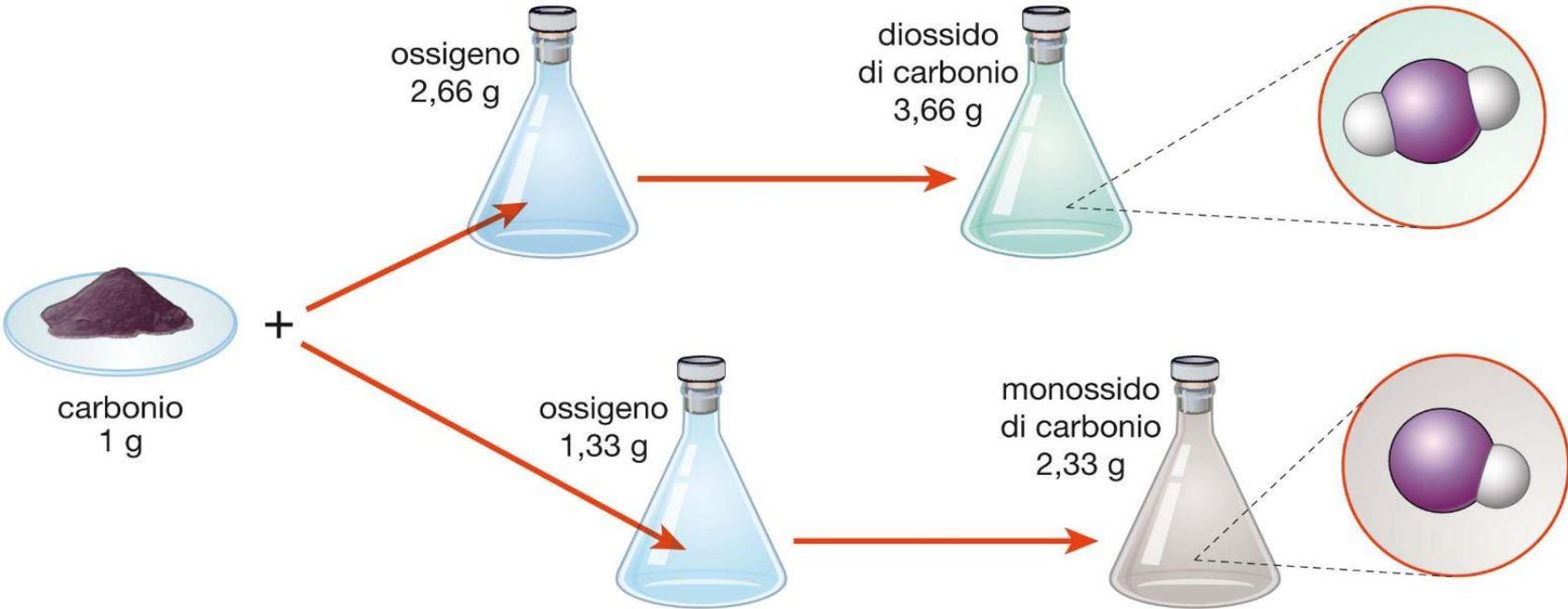
Berzelius (1779-1848)



Legge delle proporzioni multiple:

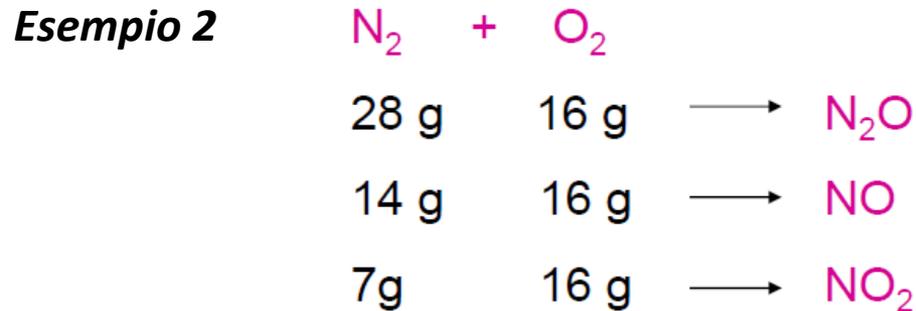
Gli elementi si possono combinare in modi diversi per formare composti chimici differenti i cui rapporti in massa sono semplicemente multipli interi gli uni degli altri

Esempio 1



Legge delle proporzioni multiple:

Se un elemento può combinarsi con un secondo in proporzioni diverse, le masse del primo elemento che si combinano con una stessa quantità del secondo stanno tra loro in proporzioni definite da numeri piccoli.



$$28 : 14 : 7 = 4 : 2 : 1$$

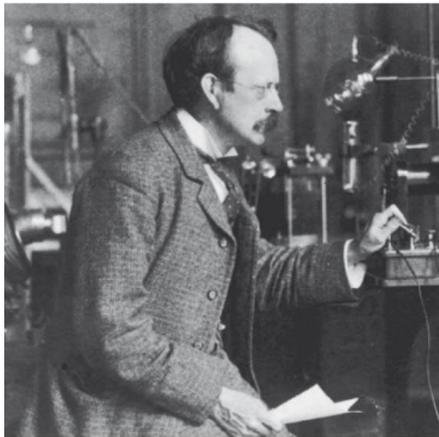
Le 3 leggi permisero a Dalton di formulare una nuova teoria della materia, ma ancora non rispondeva ad una domanda importante:

Di cosa è fatto un atomo?

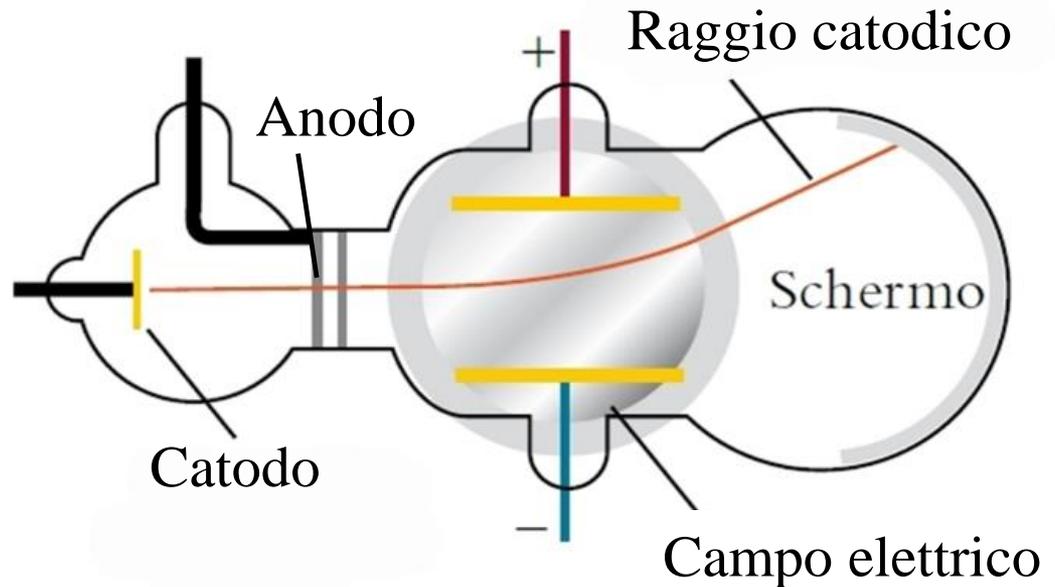
Struttura degli atomi

Dalla fine del XIX secolo, la fisica ha cominciato a studiare la struttura interna degli atomi, scoprendo l'esistenza di particelle subatomiche.

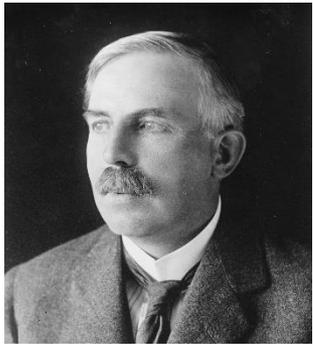
Esperimento con il tubo a raggi catodici (1890):



Joseph John **Thomson**



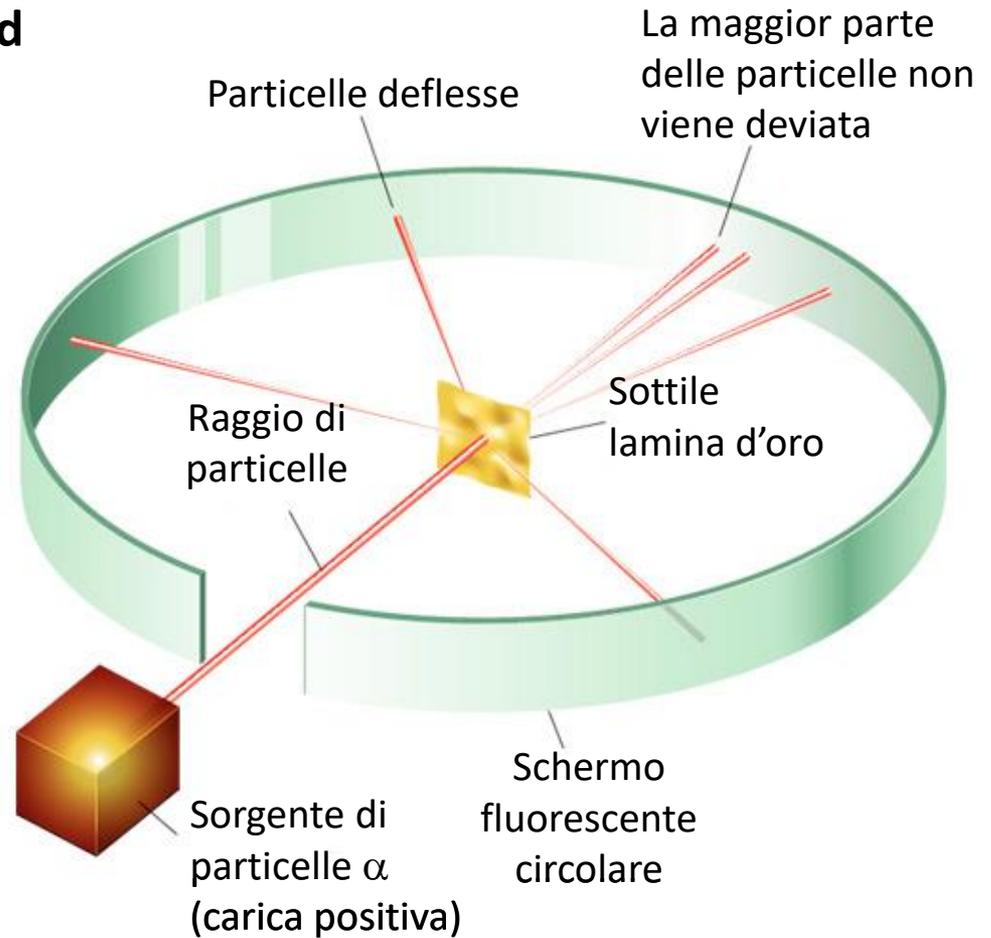
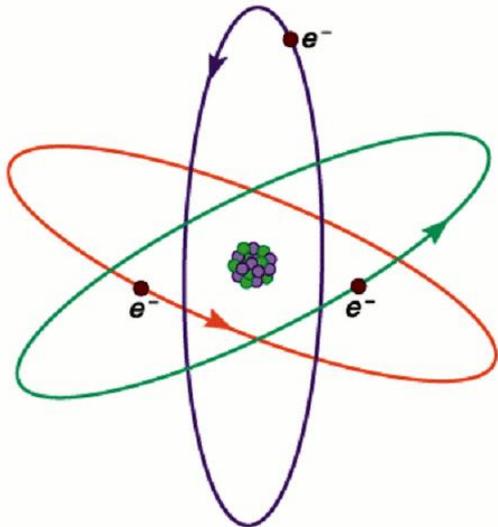
Individuazione di una particella con carica negativa e massa, chiamata **elettrone**, con le stesse caratteristiche indipendentemente dal catodo che viene utilizzato.



- **Ernest Rutherford**
(1871-1937)

La maggior parte delle particelle α , particelle positive dotate di massa, attraversa la sottile lamina senza che la sua posizione sia variata.

Volume vuoto nell'atomo! Il nucleo, positivo, al centro ha la dimensione di una biglia rispetto ad un campo di calcio.



*La carica positiva dell'atomo (**protoni**) è concentrata al centro, in un volume molto piccolo (**nucleo**).*

Modello atomico planetario:

Il nucleo dell'atomo, positivo, si trova al centro. Gli elettroni, negativi, girano attorno al nucleo.

Nel nucleo, particelle con carica positiva, ma massa molto maggiore dell'elettrone: **protoni**.

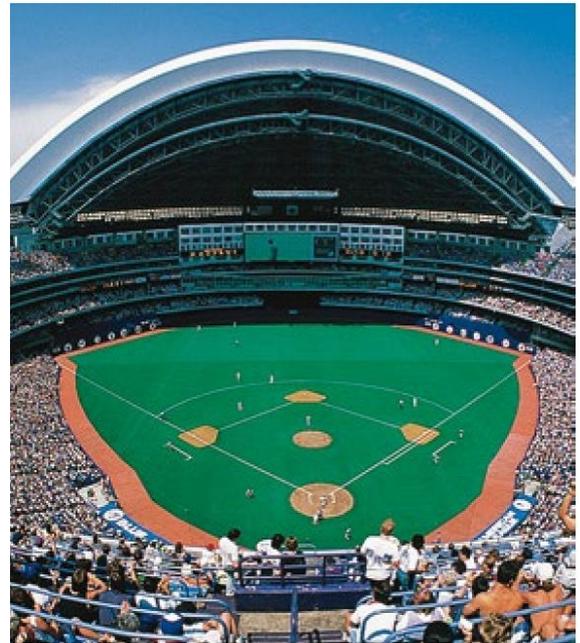
Raggio atomico: $100 \text{ pm} = 10^{-10} \text{ m} = 1 \text{ \AA}$

Raggio del nucleo atomico: $5 \cdot 10^{-3} \text{ pm} = 5 \cdot 10^{-15} \text{ m}$

Dal confronto tra:

- Idrogeno: 1 protone
- Elio: 2 protoni, ma circa 4 volte il peso dell'idrogeno!

individuazione di un'altra particella subatomica, con massa simile a quella del protone, ma senza carica elettrica: il **neutrone** (Chadwick)

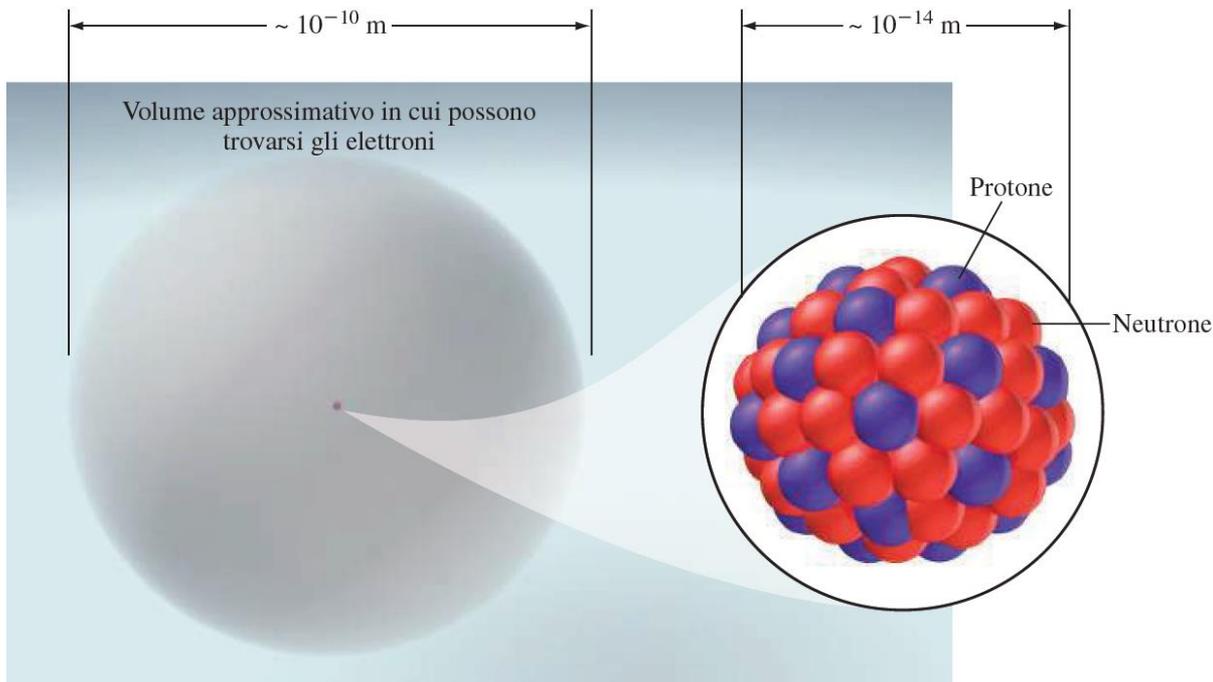


*Gli elementi si distinguono gli uni dagli altri in base al **numero di protoni** nel nucleo atomico*

Particelle subatomiche:

Particella	Massa in grammi (g)	Carica in Coulomb (C)	Simbolo
Elettrone	$9.109383 \cdot 10^{-28}$	$-1.6022 \cdot 10^{-19}$	${}_{-1}^0\text{e}$ o e^{-}
Protone	$1.672622 \cdot 10^{-24}$	$+1.6022 \cdot 10^{-19}$	${}_1^1\text{p}$ o p^{+}
Neutrone	$1.674927 \cdot 10^{-24}$	0	${}_0^1\text{n}$ o n

} *nucleoni*



Numero atomico

Il numero atomico, o numero di protoni all'interno del nucleo, definisce l'elemento a cui l'atomo appartiene: *atomi dello stesso elemento hanno lo stesso numero atomico*. Indicato con la lettera **Z**.

IDROGENO Simbolo: **H**
Numero atomico (Z): **1**

ELIO Simbolo: **He**
Z: **2**

CARBONIO Simbolo: **C**
Z: **6**

ZINCO Simbolo: **Zn**
Z: **30**

Numero atomico

Il numero atomico è indicato con la lettera **Z**.

Se l'atomo è neutro, il numero atomico è anche il numero di elettroni.

Se è uno ione positivo (catione): $n.e^- < Z$.

Se è uno ione negativo (anione): $n.e^- > Z$

Esempio: Zn: $Z = 30$ Zn^{2+} : 30 p^+ , 28 e^-

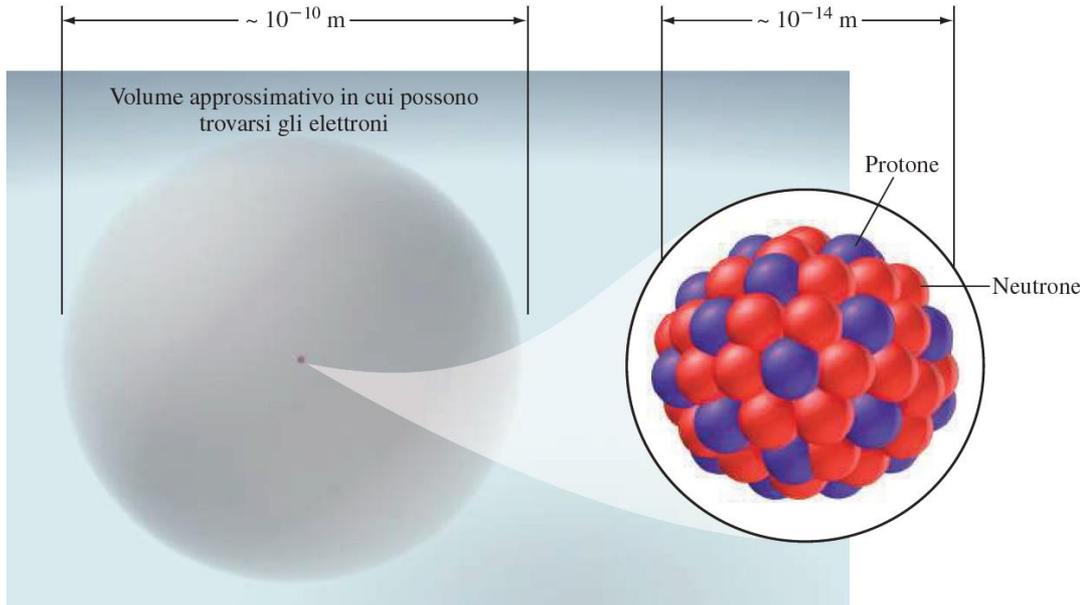
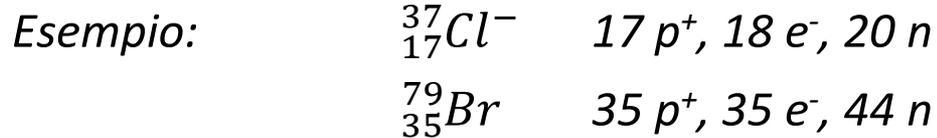
Cl: $Z = 17$ Cl^- : 17 p^+ , 18 e^-

Numero di massa

Numero di nucleoni presenti nell'atomo: protoni + neutroni. Indicato con la lettera **A**.

Numero di neutroni = $A - Z$

Un atomo viene indicato come:



	Protoni	Elettroni	Neutroni	Numero atomico, Z	Numero di massa, A	Carica
${}_{15}^{31}\text{P}$						
${}_{13}^{27}\text{Al}^{3+}$						
${}_{33}^{75}\text{As}$						
${}_{35}^{80}\text{Br}^{-}$						
${}_{25}^{55}\text{Mn}$						
${}_{37}^{85}\text{Rb}^{+}$						

	Protoni	Elettroni	Neutroni	Numero atomico, Z	Numero di massa, A	Carica
$^{31}_{15}\text{P}$	15	15	16	15	31	0
$^{27}_{13}\text{Al}^{3+}$	13	10	14	13	27	+3
$^{75}_{33}\text{As}$	33	33	42	33	75	0
$^{80}_{35}\text{Br}^{-}$	35	36	45	35	80	-1
$^{55}_{25}\text{Mn}$	25	25	30	25	55	0
$^{85}_{37}\text{Rb}^{+}$	37	36	48	37	85	+1

Isotopi

Isotopi:

Atomi dello stesso elemento (con lo **stesso numero di protoni, Z**), ma con **diverso numero di neutroni**

STESSE PROPRIETA' CHIMICHE

DIVERSE PROPRIETA' FISICHE

Abbondanza isotopica:

Percentuale di atomi di un certo isotopo presenti in un campione o nell'elemento in natura

${}^1_1\text{H}$ = atomo di idrogeno con 1 protone e 0 neutroni *99.99%*

${}^2_1\text{H}$ = atomo di idrogeno con 1 protone e 1 neutrone (noto come deuterio) *0.01%*

${}^3_1\text{H}$ = atomo di idrogeno con 1 protone e 2 neutroni (noto come trizio, radioattivo) *tracce*

${}^{16}_8\text{O}$ = atomo di ossigeno con 8 protoni e 8 neutroni *99.76%*

${}^{17}_8\text{O}$ = atomo di ossigeno con 8 protoni e 9 neutroni *0.04%*

${}^{18}_8\text{O}$ = atomo di ossigeno con 8 protoni e 10 neutroni *0.20%*

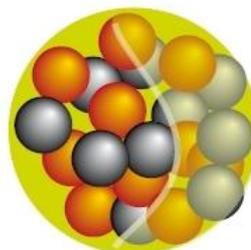
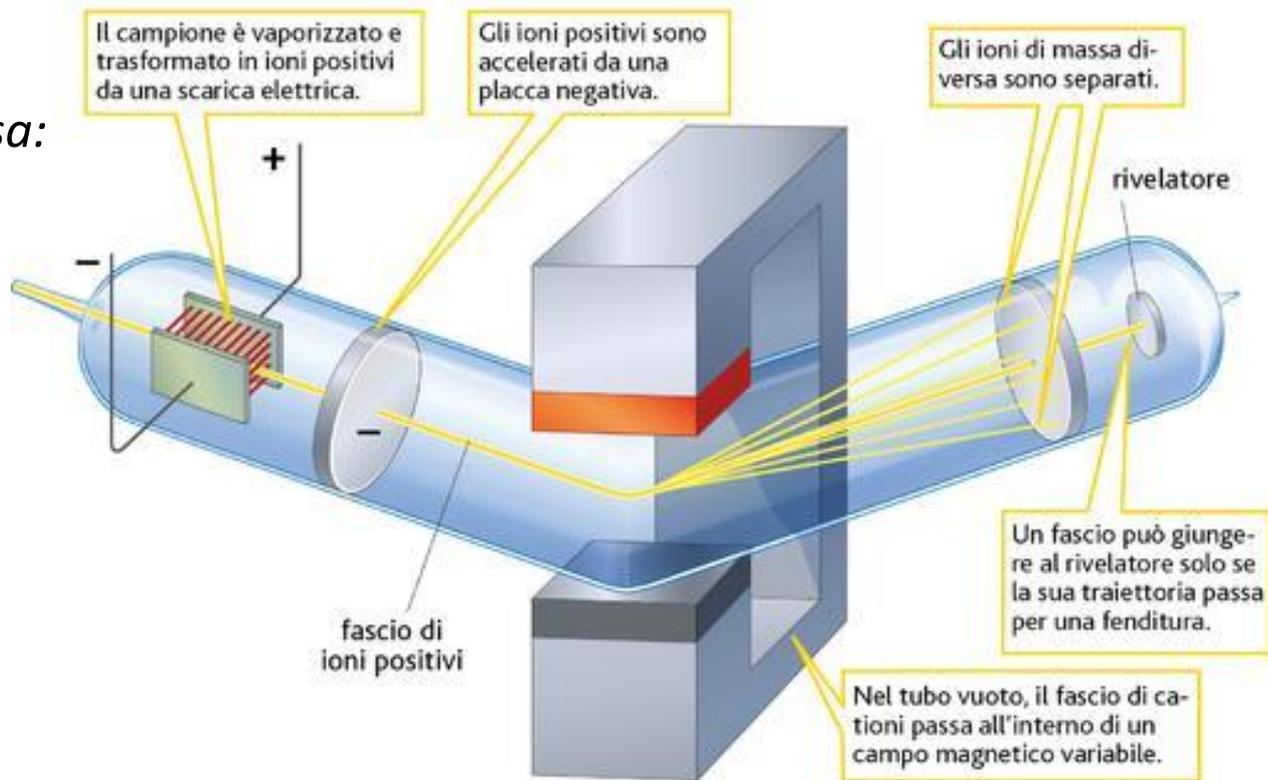
${}^{12}_6\text{C}$ = atomo di carbonio con 6 protoni e 6 neutroni *98.93%*

${}^{13}_6\text{C}$ = atomo di carbonio con 6 protoni e 7 neutroni *1.07%*

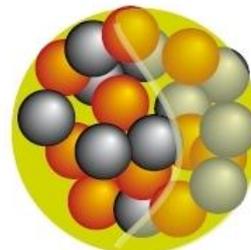
${}^{14}_6\text{C}$ = atomo di carbonio con 6 protoni e 8 neutroni (radioattivo) *tracce*

Isotopi

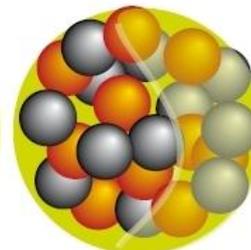
Spettrometro di massa:



Neon-20
($^{20}_{10}\text{Ne}$)



Neon-21
($^{21}_{10}\text{Ne}$)



Neon-22
($^{22}_{10}\text{Ne}$)

Tavola Periodica degli Elementi

Periodo	1 IA	2 IIA	Metalli Alcalini, Alcalino-Terrosi, Lantanidi, Attinidi										Elementi di Transizione, Metalloidi / Non Metalli, Alogeni, Gas Nobili										17 VIIA	18 VIIIA
1	1,0079 H																						4,0026 He	
2	6,941 Li	9,0122 Be											10,81 B	12,011 C	14,0067 N	15,9994 O	18,9984 F	20,179 Ne						
3	22,9898 Na	24,305 Mg											26,9815 Al	28,0855 Si	30,9738 P	32,06 S	35,453 Cl	39,948 Ar						
4	39,0983 K	40,08 Ca	44,9559 Sc	47,88 Ti	50,9415 V	51,996 Cr	54,938 Mn	55,847 Fe	58,932 Co	58,7 Ni	63,546 Cu	65,38 Zn	69,72 Ga	72,59 Ge	74,9216 As	78,96 Se	79,904 Br	83,8 Kr						
5	85,4678 Rb	87,62 Sr	88,9059 Y	91,22 Zr	92,9064 Nb	95,94 Mo	101,07 Tc	101,07 Ru	106,4 Rh	106,4 Pd	107,868 Ag	112,41 Cd	114,82 In	118,69 Sn	121,75 Sb	127,6 Te	126,9045 I	131,3 Xe						
6	132,9054 Cs	137,33 Ba	138,905 La	178,49 Hf	180,9479 Ta	183,85 W	193,22 Re	193,22 Os	195,09 Ir	195,09 Pt	196,9665 Au	200,59 Hg	204,37 Tl	207,2 Pb	208,9804 Bi	208,9804 Po	210 At	222 Rn						
7	223 Fr	226,025 Ra	227,028 Ac	(261) Rf	(262) Db	(266) Sg	(264) Bh	(277) Hs	(268) Mt	(271) Ds	(272) Rg	(285) Cn	STATI di AGGREGAZIONE a 20 °C											
												<input type="checkbox"/> SOLIDI <input type="checkbox"/> LIQUIDI <input type="checkbox"/> GASSOSI <input type="checkbox"/> ARTIFICIALI												
6	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	Serie dei Lantanidi									
7	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr	Serie degli Attinidi									



E' un catalogo di tutti gli elementi noti, ordinati secondo le loro caratteristiche. Elementi simili venivano posti nella stessa colonna, elementi con una massa crescente venivano posti uno di seguito all'altro.

Dmitri Mendeleev e Lothar Meyer catalogarono contemporaneamente ma indipendentemente gli elementi noti

Periodi: orizzontali

Dimensioni crescenti

Gruppi: verticali

Proprietà chimiche (stato di aggregazione, reattività, ...) simili

1	2	13	14	15	16	17	18										
1 1,0079 -1 0,00000009 -259,2 -253 H Idrogeno	4 6,941 1 9,0122 42 Be Berillio	5 10,81 3 B Boro	6 12,011 4,2,-2,-4 3 C Carbonio	7 14,0067 -3 0,001251 -210 -196 N Azoto	8 15,9994 -2 0,001429 -218,8 -183 O Ossigeno	9 18,9984 -1 0,00169 -221,7 -188 F Fluoro	10 20,179 -1 0,0009 -272,1 -246 Ne Neon										
3 6,941 1 Li Litio	11 22,9898 1 Na Sodio	12 24,305 2 Mg Magnesio	13 26,9815 3 Al Alluminio	14 28,0855 4 Si Silicio	15 30,9738 3 P Fosforo	16 32,06 -2 1,82 119 44,1 445 S Zolfo	17 35,453 -1 0,00322 -101,7 -34 Cl Cloro	18 39,948 0 0,001763 -186 -186 Ar Argon									
19 39,0983 1 K Potassio	20 40,08 2 Ca Calcio	21 44,9559 3 Sc Scandio	22 47,9 4 Ti Titanio	23 50,9415 4 V Vanadio	24 51,996 5 Cr Cromo	25 54,938 4 Mn Manganese	26 55,847 3 Fe Ferro	27 58,9332 3,2,-1 4 Co Cobalto	28 58,7 3 Ni Nichel	29 63,546 2,1 2 Cu Rame	30 65,38 2 Zn Zinco	31 69,72 3 Ga Gallio	32 72,59 4 Ge Germanio	33 74,9216 4 5,3,-3 As Arsenico	34 78,96 -2 4,82 239 679 Se Selenio	35 79,904 -1 0,001199 -169,9 -153 Br Bromo	36 83,8 2 0,00360 -168,9 -153 Kr Kriptone
37 85,4678 1 Rb Rubidio	38 87,62 2 Sr Stronzio	39 88,9059 3 Y Ittrio	40 91,22 4 Zr Zirconio	41 92,9064 5 Nb Niobio	42 95,94 6 Mo Molibdeno	43 98 7 Tc Tecnezio	44 101,07 8 Ru Rutenio	45 102,9055 9 8,6,4,3,2,-2 Rh Rodio	46 106,4 10 Pd Palladio	47 107,868 11 Ag Argento	48 112,41 12 Cd Cadmio	49 114,82 13 In Indio	50 118,69 14 Sn Stagno	51 121,75 15 6,2 6,2 1567 Sb Antimonio	52 127,6 16 6,25 448,9 688 Te Tellurio	53 126,9045 17 4,94 113,3 183 I Iodio	54 131,3 18 0,00885 -112 -111 Xe Xenone
55 132,9054 1 Cs Cesio	56 137,33 2 Ba Bario	57 138,9055 3 La Lantanio	72 178,49 4 Hf Hafnio	73 180,9479 5 Ta Tantalio	74 183,85 6 6,5,4,3,2 W Tungsteno	75 186,207 7 7,6,4,2,-1 Re Renio	76 190,2 8 8,6,4,3,2,-2 Os Osmio	77 192,22 9 6,4,3,2,1,-1 Ir Iniridio	78 195,09 10 4,2 Pt Platino	79 196,9665 11 3,1 Au Oro	80 200,59 12 2,1 Hg Mercurio	81 204,37 13 3,1 Tl Tallio	82 207,2 14 4,2 Pb Piombo	83 208,9804 15 5,3 Bi Bismuto	84 (209) 16 5,3 Po Polonio	85 (210) 17 7,5,3,1,-1 At Astatio	86 (222) 18 -1 -71 -62 Rn Radone
87 (223) 1 Fr Francio	88 226,025 2 Ra Radio	89 227,028 3 Ac Attinio	104 (261) 4 Rf Rutherfordio	105 (262) 5 Db Dubnio	106 (266) 6 Sg Seaborgio	107 (264) 7 Bh Bohrio	108 (277) 8 Hs Hassio	109 (268) 9 Mt Meitnerio	110 (271) 10 Ds Darmstadtio	111 (272) 11 Rg Roentgenio	112 (285) 12 Cn Copernicio	STATI di AGGREGAZIONE a 20 °C 					

58 140,12 4,3 6,9 753,3 3426 Ce Cerio	59 140,9077 4,3 6,48 500,9 3012 Pr Praseodimio	60 144,24 3 6,86 1015,9 3068 Nd Neodimio	61 (145) 4 7,22 1060 3460 Pm Promezio	62 150,4 3 7,75 1071,9 1791 Sm Samario	63 151,96 3,2 8,25 1097,9 1597 Eu Europio	64 157,25 3 8,79 1311,9 3266 Gd Gadolinio	65 158,9254 4,3 9,23 1366,9 3223 Tb Terbio	66 162,5 3 9,55 1407 2962 Dy Disprozio	67 164,9304 3 9,7 1469,9 2865 Ho Olmio	68 167,26 3 9,87 1497 2863 Er Erbio	69 168,9342 3,2 9,92 1544,9 1947 Tm Tulio	70 173,04 3,2 6,97 1602,9 1194 Yb Itterbio	71 174,967 3 6,94 1602,9 3395 Lu Lutezio
90 232,0381 4 Th Torio	91 (209) 5,3 18,7 1125,4 4194 Pa Protoattinio	92 238,029 4 20,25 1338,9 3902 U Uranio	93 237,048 4 19,84 1338,9 3902 Np Nettunio	94 (244) 5,3 19,84 1338,9 3902 Pu Plutonio	95 (243) 4 13,67 1175 2814 Am Americio	96 (247) 4,3 13,67 1175 2814 Cm Curio	97 (247) 4,3 Bk Berchelio	98 (251) 4,3 Cf Californio	99 (252) 3 Es Einsteinio	100 (257) 3 Fm Fermio	101 (258) 3 Md Mendelevio	102 (259) 3,2 No Nobelio	103 (260) 3 Lr Laurenzio

Metalli, non metalli, semimetalli

Non-metalli:

- Gas o solidi opachi a temperatura ambiente
- Cattivi conduttori di elettricità
- Quando reagiscono, producono ioni con carica negativa

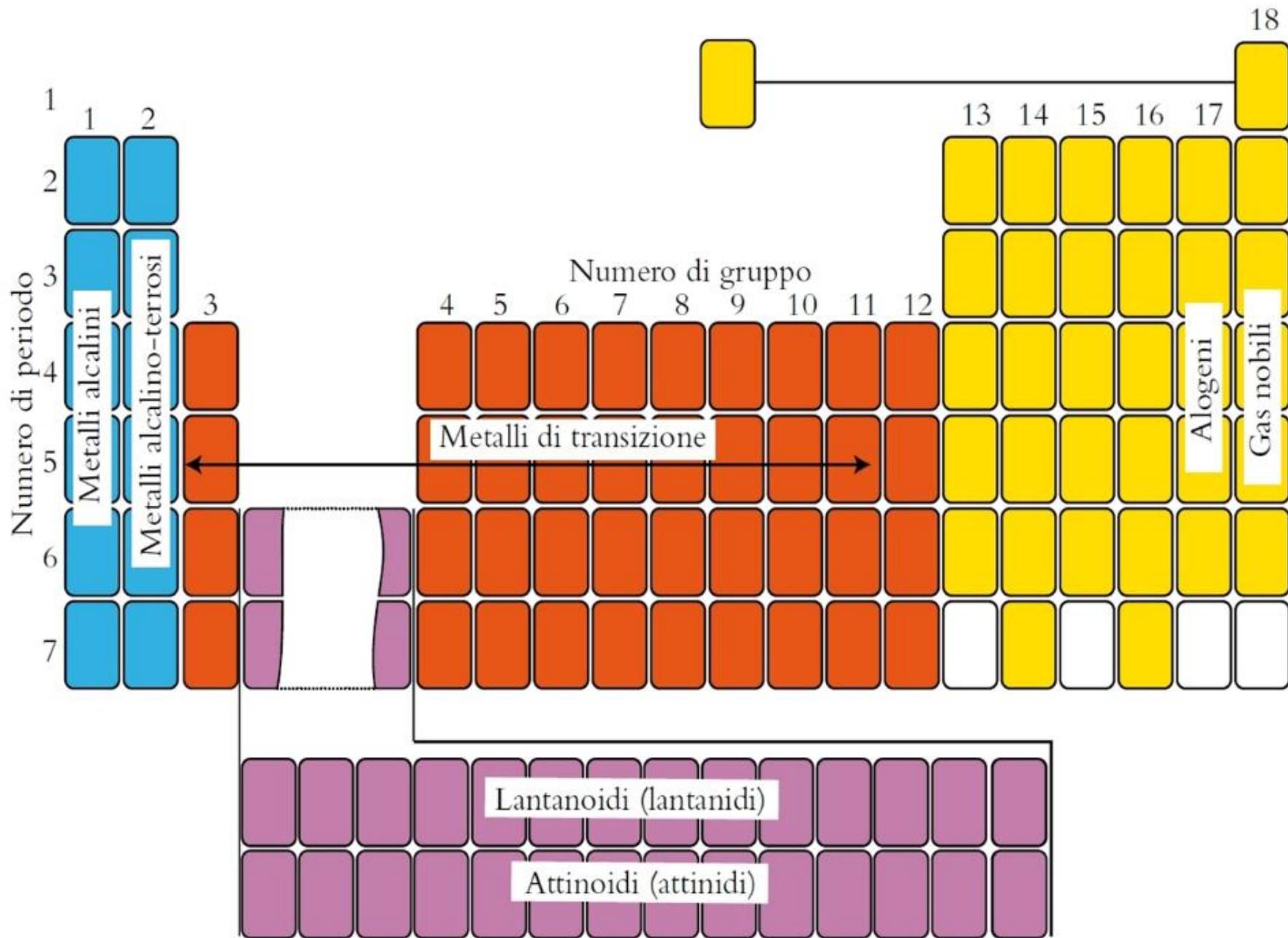
Metalli:

- Solidi a temperatura ambiente
- Buoni conduttori di elettricità
- Malleabili e lucenti
- Quando reagiscono, producono ioni con carica positiva

Semi-metalli:

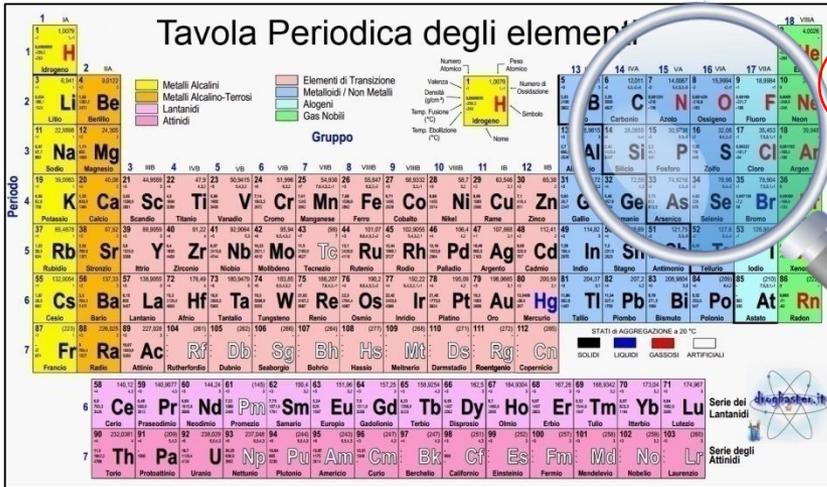
- Hanno proprietà intermedie
- Semiconduttori, molto utilizzati in applicazioni tecnologiche

	1 IA											2 IIA											16 VIA	17 VIIA	18 VIIIA			
1	1 1.0079 H Idrogeno											4 9.0122 Be Berillio											9 18.9984 F Fluoro	10 19.9984 Ne Neon	18 39.948 Ar Argon			
2	3 6.941 Li Litio											9 22.9898 Na Sodio											16 32.06 S Zolfo	17 35.453 Cl Cloro	18 39.948 Ar Argon			
3	11 22.9898 Na Sodio											20 40.08 Ca Calcio											50 118.69 Sn Stagno	51 121.75 Sb Antimonio	52 127.6 Te Tellurio	53 126.9045 I Iodio	54 131.3 Xe Xenon	
4	19 39.0983 K Potassio											28 65.38 Ni Nichel											81 204.37 Tl Tallio	82 207.2 Pb Piombo	83 208.9804 Bi Bismuto	84 (209) Po Polonio	85 (210) At Astatio	86 (222) Rn Radon
5	37 85.4678 Rb Rubidio											46 106.4 Pd Palladio											110 (271) Ds Darmstadtio	111 (272) Rg Roentgenio	112 (285) Cn Copernicio			
6	55 132.9054 Cs Cesio											78 195.09 Pt Platino											110 (271) Ds Darmstadtio	111 (272) Rg Roentgenio	112 (285) Cn Copernicio			
7	87 (223) Fr Francio											108 (277) Hs Hassium											110 (271) Ds Darmstadtio	111 (272) Rg Roentgenio	112 (285) Cn Copernicio			
	STATI di AGGREGAZIONE a 20 °C ■ SOLIDI ■ LIQUIDI ■ GASSOSI ■ ARTIFICIALI																											
6	58 140.12 Ce Cerio	59 140.9077 Pr Praseodimio	60 144.24 Nd Neodimio	61 (145) Pm Promezio	62 150.4 Sm Samario	63 151.96 Eu Eurio	64 157.25 Gd Gadolonio	65 158.9254 Tb Terbio	66 162.5 Dy Disprozio	67 164.9304 Ho Olmio	68 167.26 Er Erbio	69 168.9342 Tm Tulio	70 173.04 Yb Itterbio	71 174.967 Lu Lutezio														
7	90 232.0381 Th Torio	91 (209) Pa Protoattinio	92 238.029 U Uranio	93 237.048 Np Nettunio	94 (244) Pu Plutonio	95 (243) Am Americio	96 (247) Cm Curio	97 (247) Bk Berkelio	98 (251) Cf Californio	99 (252) Es Einsteinio	100 (257) Fm Fermio	101 (258) Md Mendelevio	102 (259) No Nobelio	103 (260) Lr Laurenzio														



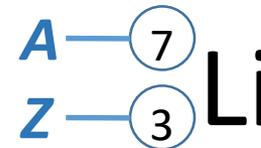
- Numero atomico, Z:**

Numero di protoni nel nucleo dell'atomo (uguale al numero di elettroni attorno al nucleo dell'atomo neutro).
 Definisce l'elemento a cui un atomo appartiene.



- Numero di massa, A:**

Numero di protoni e neutroni (nucleoni) nel nucleo dell'atomo.
 Il numero di neutroni può essere ottenuto dal numero di massa meno il numero atomico: $n = A - Z$



Massa atomica

Riportata nella Tavola Periodica in *unità di massa atomica* (u.m.a.), anche chiamata *Dalton* (Da), come massa atomica relativa.

L'unità di massa atomica, o Dalton, è definita come 1/12 della massa dell'isotopo 12 del carbonio ($A = 12, {}^{12}_6\text{C}$) cioè $1.661 \cdot 10^{-24}$ g.

Il valore della massa atomica indicato sulla Tavola Periodica tiene conto della presenza di isotopi con diversa massa nei campioni naturali di ciascun elemento (**abbondanza isotopica**).

Ad esempio: il carbonio ha 3 isotopi: ${}^{12}_6\text{C}$, presente per il 98.89%; ${}^{13}_6\text{C}$, presente per l'1.11%; ${}^{14}_6\text{C}$, presente solo in tracce.

La massa atomica viene calcolata come media pesata dei diversi isotopi:

$$\text{massa atomica} = \frac{(m. \text{isotopo1} \cdot \% \text{isotopo1}) + (m. \text{isotopo2} \cdot \% \text{isotopo2}) + \dots}{100}$$

Ad esempio: per il boro ($Z=5$) esistono 2 isotopi:

Isotopo 1: $A=10$ e abbondanza relativa del 19.91%,

Isotopo 2: $A=11$ e abbondanza relativa del 80.09%.

$$\text{massa B} = \frac{10.00 \cdot 19.91 + 11.00 \cdot 80.09}{100} = 10.80 \text{ u. m. a.}$$

Esercizi

1. Calcolare la massa atomica dell'Ne, sapendo che un campione di Ne è composto da 3 isotopi: ^{20}Ne con massa 19.992435 u e abbondanza relativa 90.5%; ^{21}Ne con massa 20.993843 u e abbondanza relativa 0.27%; infine, ^{22}Ne con massa 21.991383 u.

$$m_{\text{Ne}} = \frac{m^{20}\text{Ne} \cdot \%^{20}\text{Ne} + m^{21}\text{Ne} \cdot \%^{21}\text{Ne} + m^{22}\text{Ne} \cdot \%^{22}\text{Ne}}{100}$$
$$= \frac{19.992435 \cdot 90.5 + 20.993843 \cdot 0.27 + 21.991383 \cdot (100 - 90.5 - 0.27)}{100}$$
$$m_{\text{Ne}} = 20.2$$

2. Il rame ha 2 isotopi stabili, ^{63}Cu con massa 62.9298 u e ^{65}Cu con massa 64.9278 u. Conoscendo la massa media del rame (dalla Tavola Periodica), valutare l'abbondanza relativa di ciascun isotopo del rame.

$$m_{\text{Cu}} = \frac{m^{63}\text{Cu} \cdot \%^{63}\text{Cu} + m^{65}\text{Cu} \cdot \%^{65}\text{Cu}}{100} = 63.546$$
$$\frac{62.9298 \cdot \%^{63}\text{Cu} + 64.9278 \cdot (100 - \%^{63}\text{Cu})}{100} = 63.546$$
$$\%^{63}\text{Cu} = 69.159\% \quad \text{e} \quad \%^{65}\text{Cu} = 30.841\%$$