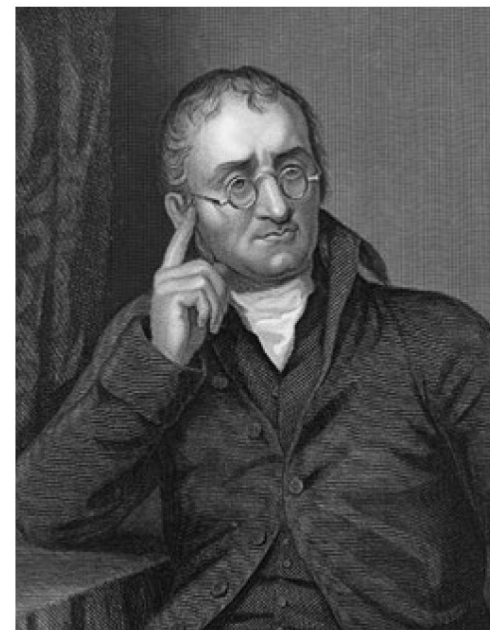


La teoria atomica

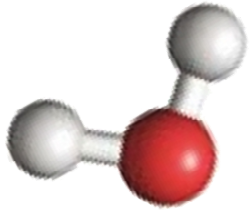
Prime ipotesi dell'esistenza di atomi: Democrito, V secolo a.C.

Teoria scientifica: Dalton (1807)

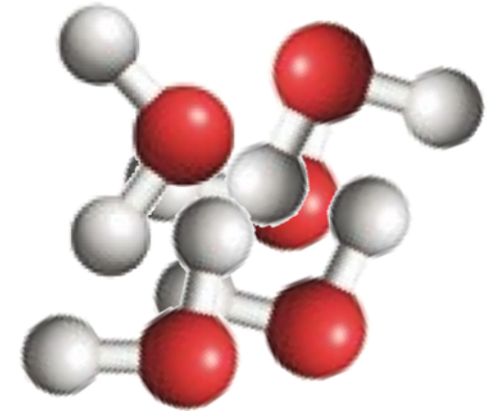
- La materia è formata da atomi (indivisibili).
- Atomi dello stesso elemento sono tra loro uguali per dimensioni e proprietà.
- I composti sono formati da specifiche combinazioni di atomi diversi in rapporti interi e piccoli.
- Le reazioni chimiche comportano un riarrangiamento di atomi, ma non la creazione o la distruzione di atomi (conservazione della massa = conservazione del numero e del tipo di atomi!).



Legge di Proust o delle proporzioni definite:

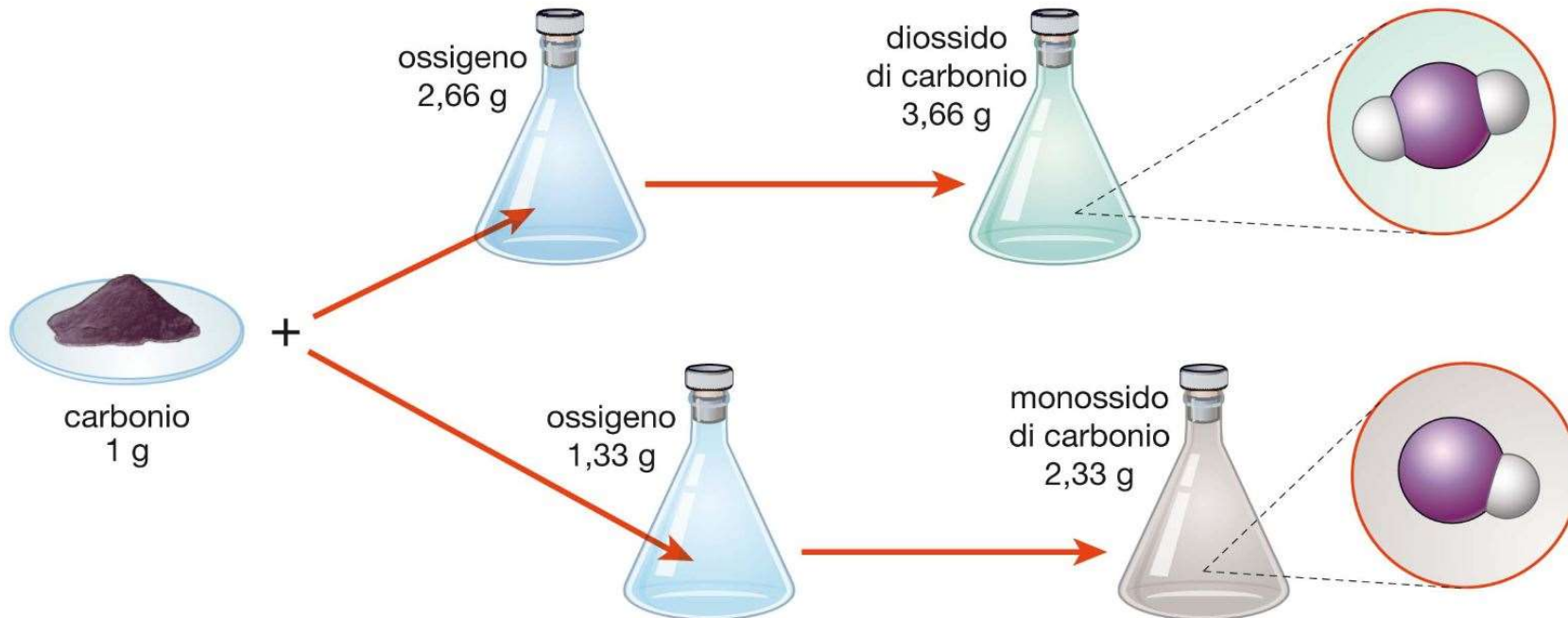


Campioni diversi dello stesso composto contengono proporzioni definite degli stessi elementi.



Legge delle proporzioni multiple:

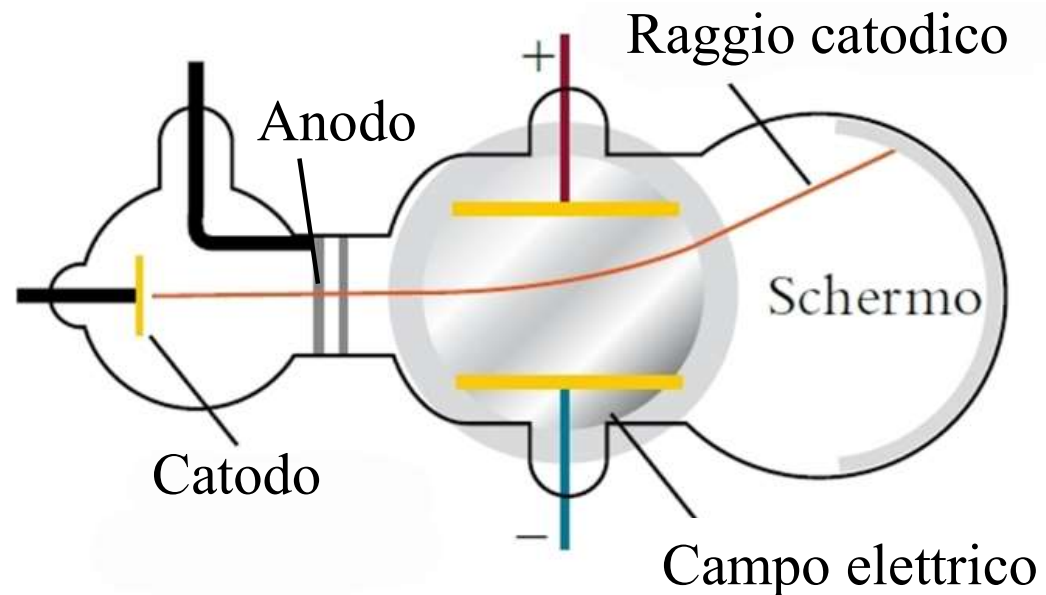
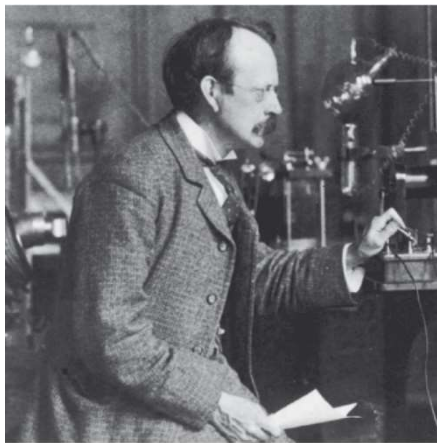
Se un elemento può combinarsi con un secondo in proporzioni diverse, le masse del primo elemento che si combinano con una stessa quantità del secondo stanno tra loro in proporzioni definite da numeri piccoli.



Struttura degli atomi

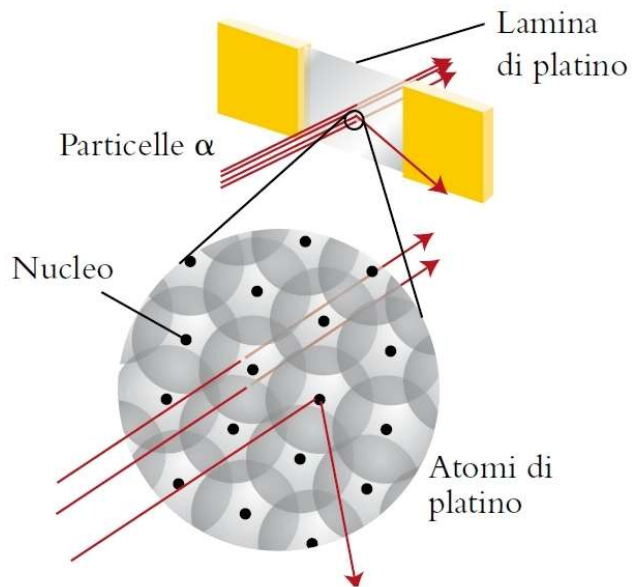
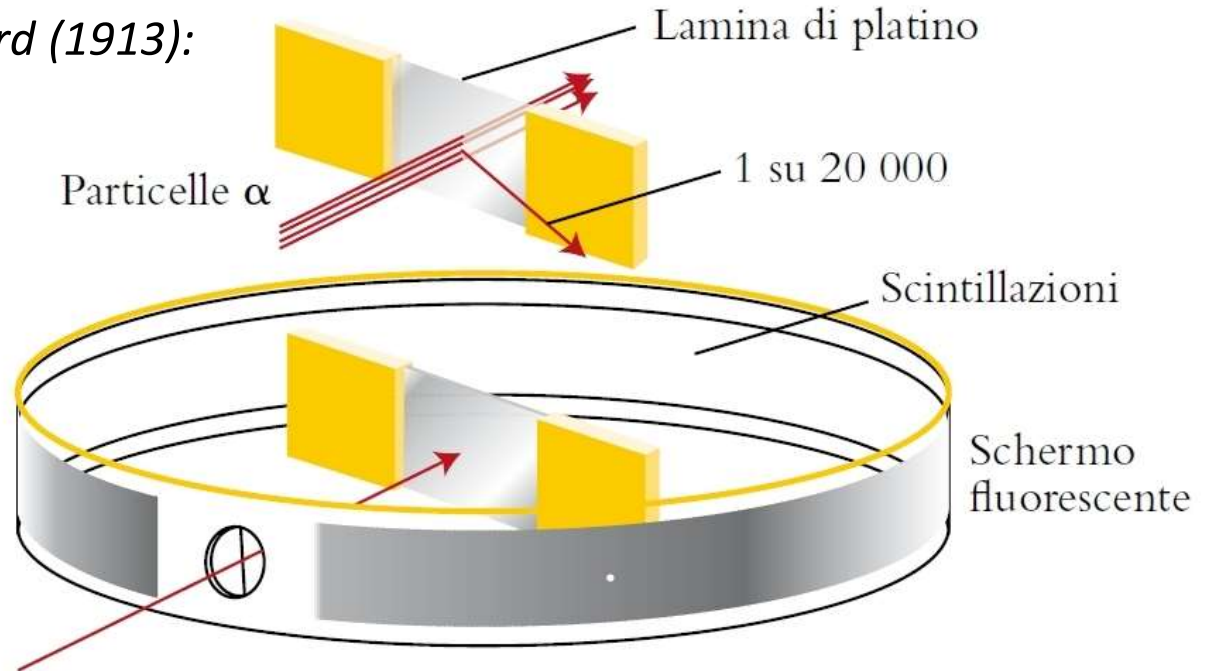
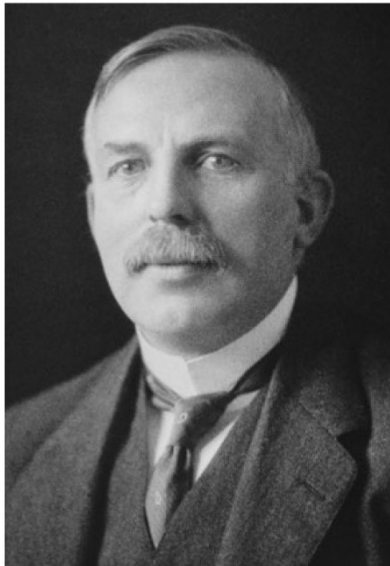
Dalla fine del XIX secolo, la fisica ha cominciato a studiare la struttura interna degli atomi, scoprendo l'esistenza di particelle subatomiche.

Esperimento con il tubo a raggi catodici (1890):



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

Esperimento di Rutherford (1913):



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.

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

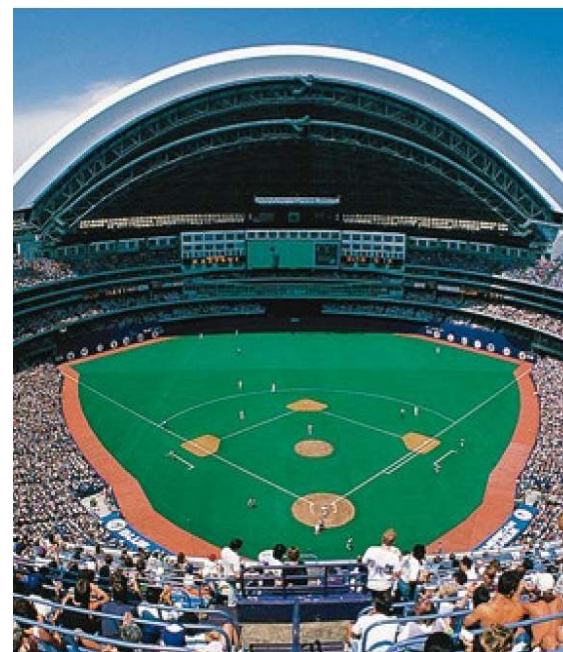
Raggio atomico: $100 \text{ pm} = 10^{-10} \text{ m} = 1 \text{ \AA}$

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

Dal confronto tra:

- H: 1 protone
- He: 2 protoni, ma circa 4 volte il peso di H!

individuazione di un'altra particella subatomica, con massa simile a quella del protone, ma senza carica elettrica: il **neutrone** (Chadwick, 1932)



Particelle subatomiche:

Particella	Massa in g	Carica in 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**.

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^-

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: $\frac{A}{Z}X$

Esempio: $\frac{37}{17}Cl^-$ 17 p^+ , 18 e^- , 20 n

$\frac{79}{35}Br$ 35 p^+ , 35 e^- , 44 n

Tavola Periodica degli Elementi

Periodo	1 IA	2 IIA	3 IIIB	4 IVB	5 VB	6 VIB	7 VIIB	8 VIIIB	9 VIIIB	10 VIIIB	11 IB	12 IIB	13 IIIA	14 IVA	15 VA	16 VIA	17 VIIA	18 VIIIA	
1	1,0079 H Idrogeno																	4,0026 He Elio	
2	6,941 Li Litio	9,0122 Be Berillio											10,81 B Boro	12,011 C Carbonio	14,0067 N Azoto	15,9994 O Ossigeno	18,9984 F Fluoro	20,179 Ne Neon	
3	22,9898 Na Sodio	24,305 Mg Magnesio											26,9815 Al Alluminio	28,0855 Si Silicio	30,9738 P Fosforo	32,06 S Zolfo	35,453 Cl Cloro	39,948 Ar Argon	
4	39,0983 K Potassio	40,08 Ca Calcio	44,9559 Sc Scandio	47,88 Ti Titanio	50,9415 V Vanadio	51,996 Cr Cromo	54,938 Mn Manganese	55,847 Fe Ferro	58,9332 Co Cobalto	58,7 Ni Nichel	63,546 Cu Rame	65,38 Zn Zinco	69,72 Ga Gallio	72,59 Ge Germanio	74,9216 As Arsenico	78,96 Se Selenio	79,904 Br Bromo	83,8 Kr Kripton	
5	85,4678 Rb Rubidio	87,62 Sr Stronzio	88,9059 Y Ittrio	91,22 Zr Zirconio	92,9064 Nb Niobio	95,94 Mo Molibdeno	98,906 Tc Tecnecio	101,07 Ru Rutenio	102,9055 Rh Rodio	106,4 Pd Palladio	107,868 Ag Argento	112,41 Cd Cadmio	114,82 In Indio	118,69 Sn Stagno	121,75 Sb Antimonio	127,6 Te Tellurio	126,9045 I Iodio	131,3 Xe Xenon	
6	132,9054 Cs Cesio	137,33 Ba Bario	138,9055 La Lantanio	178,49 Hf Hafnio	180,9479 Ta Tantalio	183,85 W Tungsteno	186,207 Re Renio	190,2 Os Osmio	192,22 Ir Iridio	195,09 Pt Platino	196,9665 Au Oro	200,59 Hg Mercurio	204,37 Tl Tallio	207,2 Pb Piombo	208,9804 Bi Bismuto	209 Po Polonio	210 At Astatio	222 Rn Radon	
7	223,0718 Fr Francio	226,025 Ra RADIO	227,028 Ac Attinio	261 Rf Rutherfordio	262 Db Dubnio	263 Sg Seaborgio	264 Bh Bohrio	265 Hs Hassio	266 Mt Meitnerio	267 Ds Darmstadio	268 Rg Roentgenio	269 Cn Copernicio							
6	140,12 Ce Cerio	140,9077 Pr Praseodimio	140,9077 Nd Neodimio	144,24 Pm Promezio	145 Sm Samario	150,4 Eu Europio	151,96 Gd Gadolinio	157,25 Tb Terbio	158,9254 Dy Disprosio	162,5 Ho Olimio	167,26 Er Erbio	168,9342 Tm Terbium	173,04 Yb Itterbio	174,967 Lu Lutezio					
7	232,0381 Th Torio	238,0289 Pa Protoattinio	238,0289 U Uranio	237,048 Np Nettunio	244 Pu Plutonio	243 Am Americio	243 Cm Curio	247 Bk Berchello	247 Cf Californio	251 Es Einsteinio	252 Fm Fermio	257 Md Mendelevio	259 No Nobelio	260 Lr Laurenzio					



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

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

Senza conoscere la struttura atomica, Mendeleev fu in grado di:

- ordinare gli elementi allora noti
- prevedere l'esistenza di alcuni elementi non ancora noti (Ga, Ge, Tc...)
- ordinare in base alle proprietà elementi che sembravano invertiti in base al peso atomico

1	IA																13 IIIA										14 IVA										15 VA										16 VIA										17 VIIA										18 VIIIA	
1	1,0079 -1 1 H Idrogeno																																																																		4,0026 0 2 He Elio	
2	6,941 +1 1 Li Litio		9,0122 +2 2 Be Berillio																		10,81 +3 3 B Boro		12,011 -4 4 2,-2,-4 C Carbonio		14,0067 -3 3 5,3,3,-3 N Azoto		15,9994 -2 2 -2,-1 O Ossigeno		18,9984 -1 1 -1 F Fluoro		20,179 0 0 -1 Ne Neon																																					
3	22,9898 +1 1 Na Sodio		24,305 +2 2 Mg Magnesio																		26,9815 +3 3 Al Alluminio		28,0855 -4 4 4,-4 Si Silicio		30,9738 -3 3 4,-4 P Fosforo		32,06 -2 2 6,4,2,-2 S Zolfo		35,453 -1 1 -1 Cl Cloro		39,948 0 0 -1 Ar Argon																																					
4	39,0983 +1 1 K Potassio		40,08 +2 2 Ca Calcio		44,9559 +3 3 Sc Scandio		47,9 +4 4 4,3,2 Ti Titanio		50,9415 +5 5 5,4,3,2 V Vanadio		51,996 +6 6 6,3,2 Cr Cromo		54,938 +7 7 7,6,4,3,2,-1 Mn Manganese		55,847 +8 8 6,3,2,-2 Fe Ferro		58,9332 +9 9 3,2,-1 Co Cobalto		58,7 +10 10 3,2 Ni Nichel		63,546 +11 11 2,1 Cu Rame		65,38 +12 12 2 Zn Zinco		69,72 +13 13 3,2 Ga Gallio		72,59 +14 14 4,3 Ge Germanio		74,9216 +3 3 5,3,3 As Arsenico		78,96 -2 2 6,4,2 Se Selenio		79,904 -1 1 7,5,3,1,-1 Br Bromo		83,8 0 0 0 Kr Kripton																																	
5	85,4678 +1 1 Rb Rubidio		87,62 +2 2 Sr Stronzio		88,9059 +3 3 Y Ittrio		91,22 +4 4 Zr Zirconio		92,9064 +5 5 5,3 Nb Niobio		95,94 +6 6 6,5,4,3,2 Mo Molibdeno		(98) +7 7 11,5 Tc Tecnezio		101,07 +8 8 8,6,4,3,2,-2 Ru Rutenio		102,9055 +9 9 5,4,3,2,1 Rh Rodio		106,4 +10 10 4,2 Pd Palladio		107,868 +11 11 2,1 Ag Argento		112,41 +12 12 2,1 Cd Cadmio		114,82 +13 13 3 In Indio		118,69 +14 14 4,2 5,3,3 Sn Stagno		121,75 -3 3 5,3,3 Sb Antimonio		127,6 -2 2 6,4,2 Te Tellurio		126,9045 -1 1 7,5,3,1,-1 I Iodio		131,3 0 0 8,6,4,2 Xe Xenon																																	
6	132,9054 +1 1 Cs Cesio		137,33 +2 2 Ba Bario		138,9055 +3 3 La Lantanio		178,49 +4 4 Hf Hafnio		180,9479 +5 5 Ta Tantalio		183,85 +6 6 6,5,4,3,2 W Tungsteno		186,207 +7 7 7,6,4,2,-1 Re Renio		190,2 +8 8 8,6,4,3,2,-2 Os Osmio		192,22 +9 9 6,4,3,2,1,-1 Ir Iridio		195,09 +10 10 4,2 Pt Platino		196,9665 +11 11 3,1 Au Oro		200,59 +12 12 2,1 Hg Mercurio		204,37 +13 13 3,1 Tl Tallio		207,2 +14 14 4,2 5,3,3 Pb Piombo		208,9804 +3 3 9,7,8 Bi Bismuto		(209) +4 4 6,4,2 Po Polonio		(210) -2 2 7,5,3,1,-1 At Astatio		(222) 0 0 8,6,4,2 Rn Radon																																	
7	223 +1 1 Fr Francio		226,025 +2 2 Ra Radio		227,028 +3 3 Ac Attinio																																																															
																STATI di AGGREGAZIONE a 20 °C																																																				
																SOLIDI				LIQUIDI				GASSOSI				ARTIFICIALI																																								

6	58 140,12 +4 4 6,9 783,3 3426 Ce Cerio		59 140,9077 +3 3 6,46 590,9 3012 Pr Praseodimio		60 144,24 +3 3 6,96 1015,9 3068 Nd Neodimio		(145) +3 3 7,22 1690 3400 Pm Promezio		62 150,4 +3 3 7,75 1071,9 1791 Sm Samario		63 151,96 +3 3 5,24 828 1597 Eu Europio		64 157,25 +3 3 7,9 1301,9 3286 Gd Gadolonio		65 158,9254 +3 3 8,23 1359,9 3229 Tb Terbio		66 162,6 +3 3 8,55 1407 2562 Dy Disprosio		67 164,9304 +3 3 8,7 1469,9 2695 Ho Olmio		68 167,26 +3 3 9,07 1497 2863 Er Erbio		69 168,9342 +3 3 9,32 1549,9 1947 Tm Tulio		70 173,04 +3 3 8,97 1601,9 3395 Yb Itterbio		71 174,967 +3 3 9,84 1663,9 3395 Lu Lutezio	
7	90 232,0381 +4 4 11,3 1842,2 4786 Th Torio		(209) +4 4 10,7 1927 3200 Pa Protoattinio		92 238,029 +6 6 18,7 1179,4 4131 U Uranio		93 237,046 +6 6 20,25 636,9 3902 Np Nettunio		(244) +6 6 18,88 686 3206 Pu Plutonio		(243) +6 6 13,67 1175 2614 Am Americio		(247) +4 4 13,01 1340 Cm Curio		(247) +4 4 13,67 1175 2614 Bk Berchelio		(251) +3 3 10,0 Cf Californio		(252) +3 3 Es Einsteinio		(257) +3 3 Fm Fermio		(258) +3 3 Md Mendelevio		(259) +3 3 No Nobelio		(260) +3 3 Lr Laurenzio	

Metalli e non metalli

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

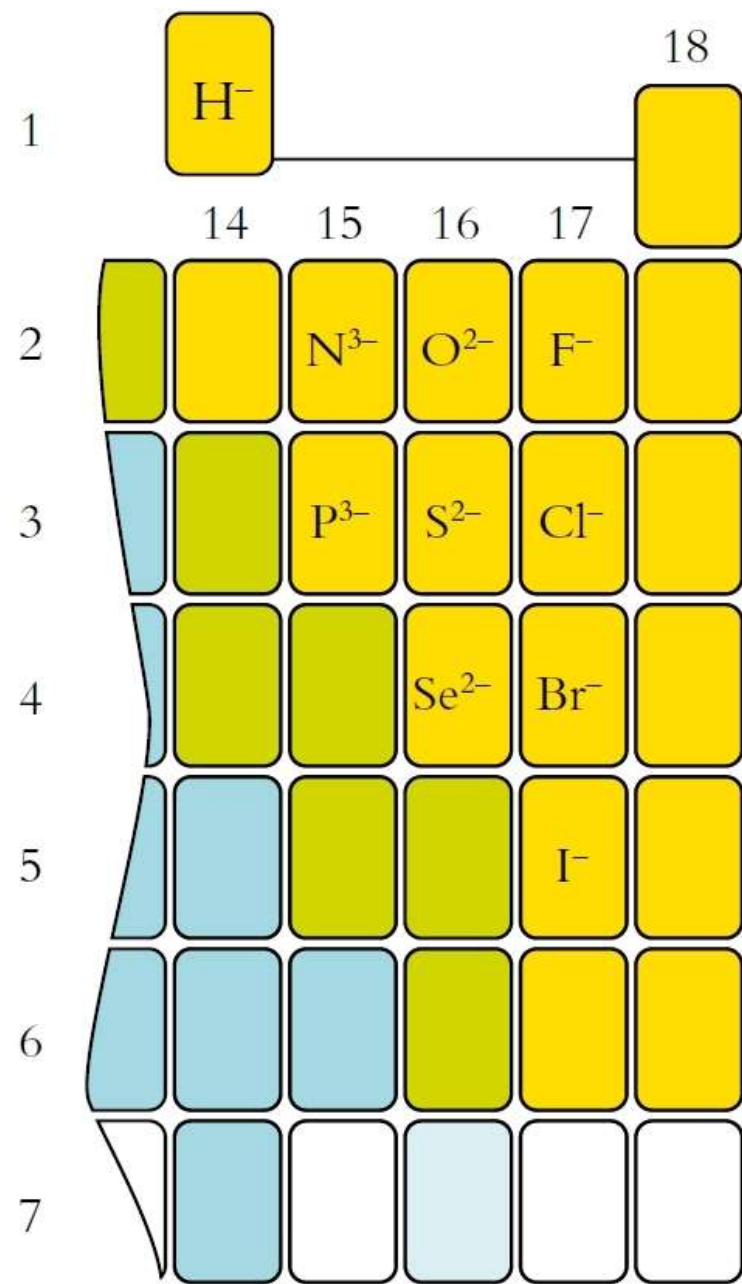
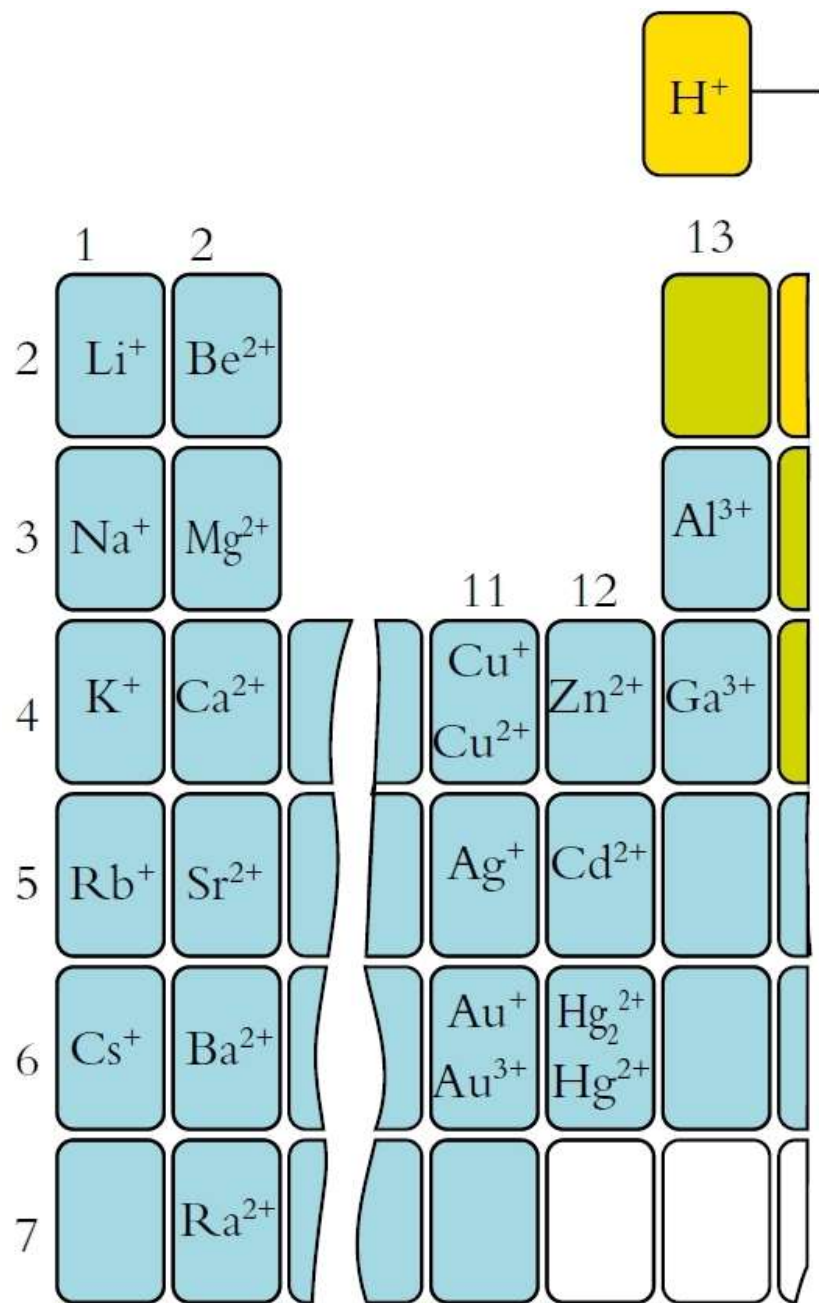
Semi-metalli:

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

Legend:

- Metalli (light blue)
- Metalloidi (light green)
- Non metalli (yellow)

	13	14	15	16	17	18
	B	C				
	Al	Si	P			
11	12	Ga	Ge	As	Se	
			Sn	Sb	Te	I
				Bi	Po	At



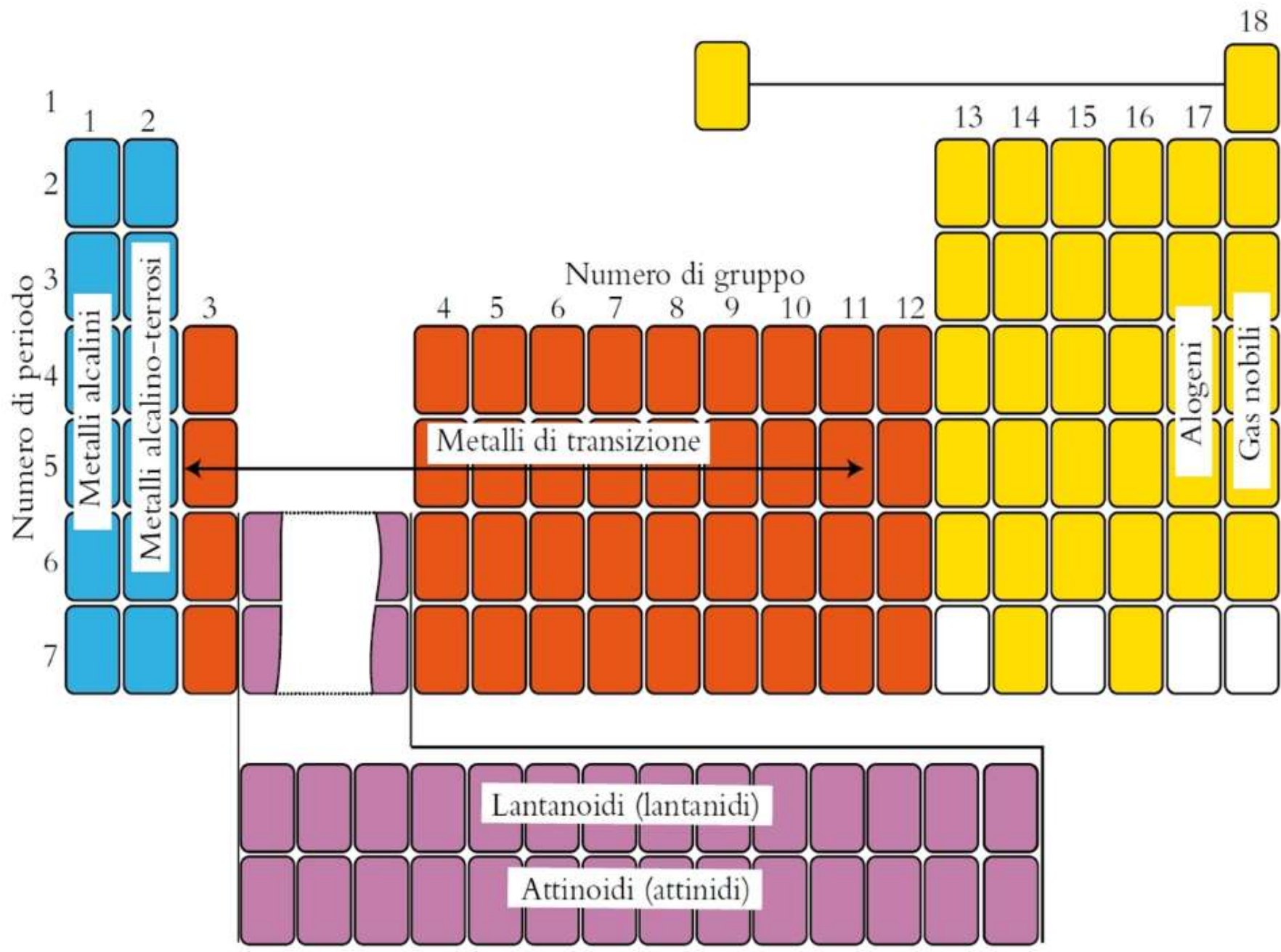
Periodi: orizzontali

Dimensioni crescenti

Gruppi: verticali

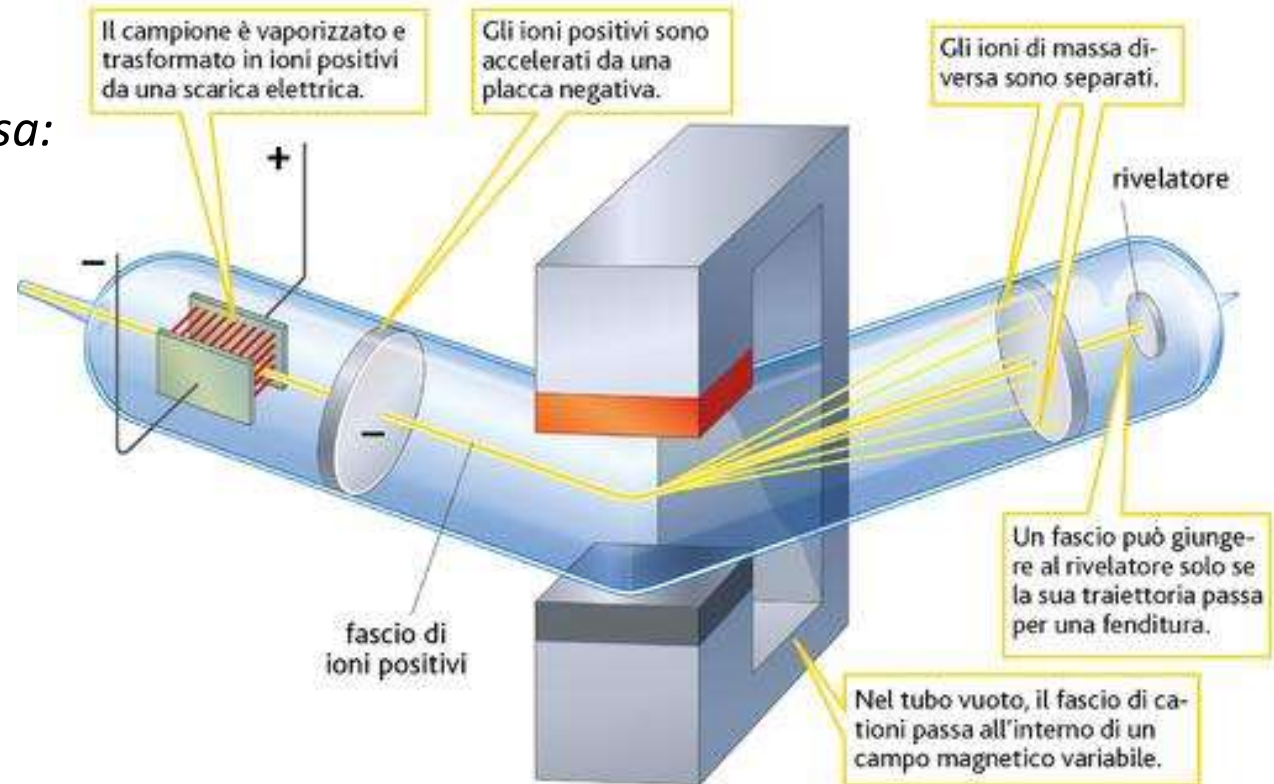
Proprietà chimiche (stato di aggregazione, reattività, ...) simili

1																	18	
I	2											13	14	15	16	17	18	
1 0,000899 -252,1 -253 H Idrogeno	2 6,941 +1 Li Litio	3 9,0122 +2 Be Berillio											5 10,81 +3 B Boro	6 12,011 +4 C Carbonio	7 14,0067 -3 N Azoto	8 15,9994 -2 O Ossigeno	9 18,9984 -1 F Fluoro	10 20,179 0 Ne Neon
III	4	5	6	7	8	9	10	11	12									
11 0,97 97,7 883 Na Sodio	12 22,9898 +1 Mg Magnesio											13 26,9815 +3 Al Alluminio	14 28,0855 +4 Si Silicio	15 30,9738 -3 P Fosforo	16 32,06 -2 S Zolfo	17 35,453 -1 Cl Cloro	18 39,948 0 Ar Argon	
IV	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
1,33 38,9 694 K Potassio	39,0983 +1 Ca Calcio	40,08 +2 Sc Scandio	44,9559 +3 Ti Titanio	47,9 +4 V Vanadio	50,9415 +5 Cr Cromo	51,996 +6 Mn Manganese	54,938 +7 Fe Ferro	55,847 +8 Co Cobalto	58,9332 +9 Ni Nichel	58,7 +10 Cu Rame	63,546 +11 Zn Zinco	65,38 +12 Ga Gallio	69,72 +13 Ge Germanio	72,59 +14 As Arsenico	74,9216 +15 Se Selenio	78,96 +16 Br Bromo	79,904 +17 Kr Kriptone	
V	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
1,87 85,4678 694 Rb Rubidio	87,62 +2 Sr Stronzio	88,9059 +3 Y Ittrio	91,22 +4 Zr Zirconio	92,9064 +5 Nb Niobio	95,94 +6 Mo Molibdeno	98 +7 Tc Tecnezio	101,07 +8 Ru Rutenio	102,9055 +9 Rh Rodio	106,4 +10 Pd Palladio	107,868 +11 Ag Argento	112,41 +12 Cd Cadmio	114,82 +13 In Indio	118,69 +14 Sn Stagno	121,75 +15 Sb Antimonio	127,6 +16 Te Tellurio	126,9045 +17 I Iodio	131,3 +18 Xe Xenone	
VI	55	56	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
1,37 85,4678 682 Cs Cesio	137,33 +2 Ba Bario	138,9055 +3 La Lantanio	178,49 +4 Hf Hafnio	180,9479 +5 Ta Tantalio	183,85 +6 W Tungsteno	186,207 +7 Re Renio	190,2 +8 Os Osmio	192,22 +9 Ir Iridio	195,09 +10 Pt Platino	196,9665 +11 Au Oro	200,59 +12 Hg Mercurio	204,37 +13 Tl Tallio	207,2 +14 Pb Piombo	208,9804 +15 Bi Bismuto	(209) +16 Po Polonio	(210) +17 At Astatina	(222) +18 Rn Radone	
VII	87	88	89	104	105	106	107	108	109	110	111	112						
27 674 Fr Francio	(223) +2 Ra Radio	226,025 +3 Ac Attinio	(261) +4 Rf Rutherfordio	(262) +5 Db Dubnio	(266) +6 Sg Seaborgio	(264) +7 Bh Bohrio	(277) +8 Hs Hassio	(268) +9 Mt Meitnerio	(271) +10 Ds Darmstadtio	(272) +11 Rg Roentgenio	(285) +12 Cn Copernicio							
STATI di AGGREGAZIONE a 20 °C																		
■ SOLIDI			■ LIQUIDI			■ GASSOSI			□ ARTIFICIALI									
6	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	
6,9 753,3 3008 Ce Cerio	140,12 +3 Pr Praseodimio	140,9077 +3 Nd Neodimio	144,24 +3 Pm Promezio	(145) +3 Sm Samario	150,4 +3 Eu Europio	151,96 +3 Gd Gadolinio	157,25 +3 Tb Terbio	158,9254 +3 Dy Disprosio	162,5 +3 Ho Olmio	164,9304 +3 Er Erbio	167,26 +3 Tm Tulio	168,9342 +3 Yb Itterbio	173,04 +3 Lu Lutezio					
7	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103				
11,3 9812,2 4788 Th Torio	232,0381 +4 Pa Protoattinio	(209) +4 U Uranio	238,029 +6 Np Nettunio	237,048 +6 Pu Plutonio	(244) +8 Am Americio	(243) +8 Cm Curio	(247) +8 Bk Berchelio	(247) +8 Cf Californio	(251) +8 Es Einsteinio	(252) +8 Fm Fermio	(257) +8 Md Mendelevio	(258) +8 No Nobelio	(259) +8 Lr Laurenzio					



Isotopi

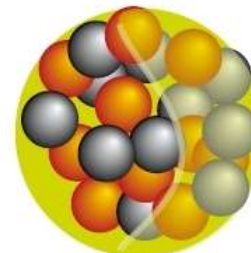
Spettrometro di massa:



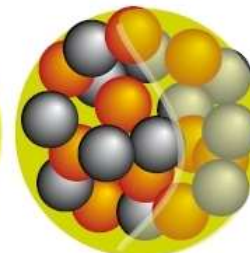
Isotopi: atomi dello stesso elemento che hanno un numero diverso di neutroni nel nucleo.



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



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



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

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 ($A=12, {}^{12}_6C$) 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: ${}^{12}C$, presente per il 98.89%; ${}^{13}C$, presente per l'1.11%; ${}^{14}C$, 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.

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