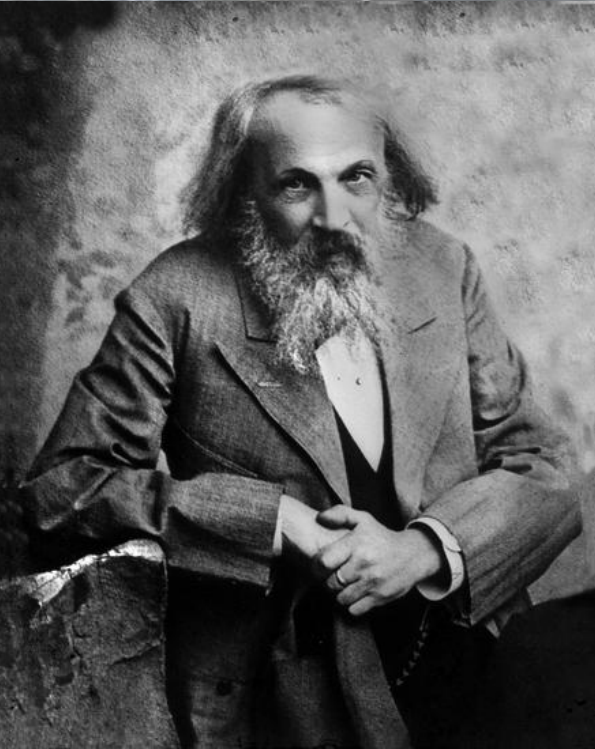
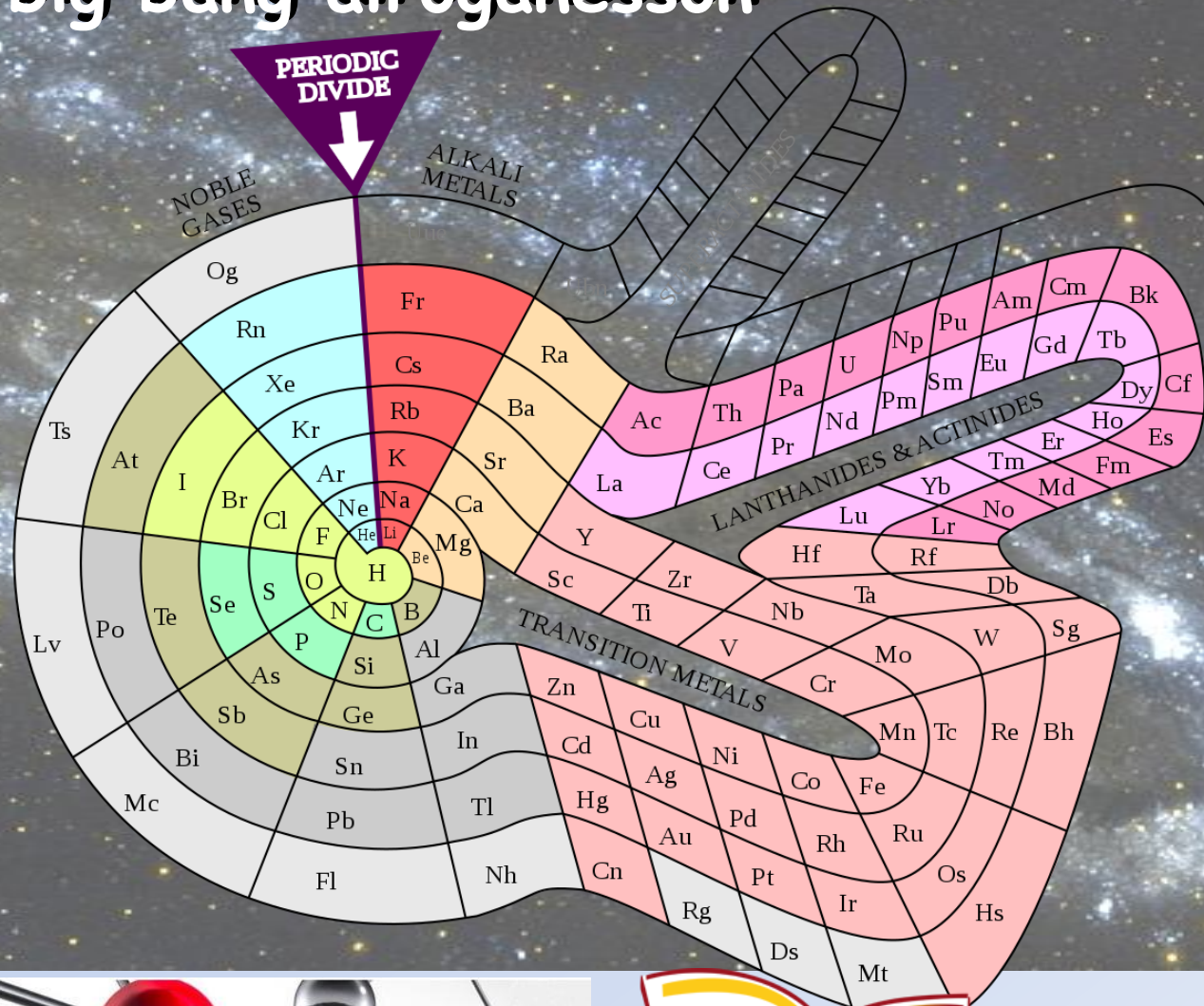


# Il sistema periodico degli elementi

## Dal big bang all'oganesson

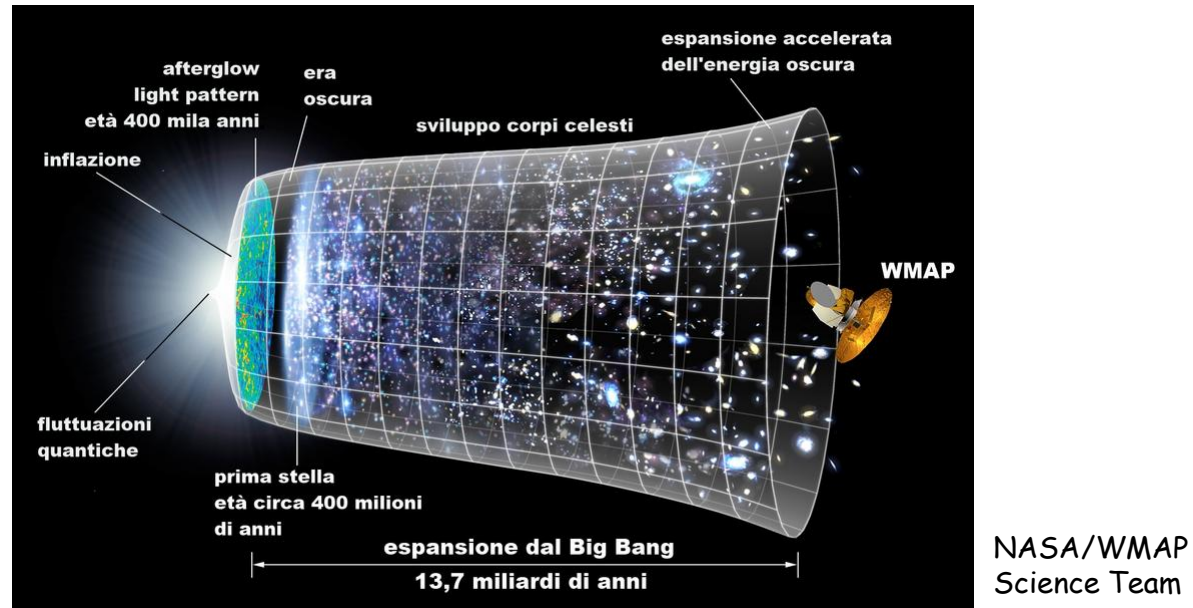


M. Moret



I. Moroni

L'inizio dell'avventura: 13,8 miliardi di anni fa il "Big Bang "



Pochi minuti dopo: si formano i primi nuclei di deuterio e di elio da neutroni e protoni; la maggior parte dei protoni non si combina (nuclei di idrogeno)

ca. 380000 anni dopo: i nuclei si combinano con gli elettroni formando principalmente atomi di idrogeno (circa 75% in massa) e di elio (circa 25% in massa)

gli altri elementi provengono dalle stelle

# Abbondanza degli elementi nella crosta terrestre

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1 <b>H</b> 0.15																	2 <b>He</b> 5.5e-7
2	3 <b>Li</b> 0.0017	4 <b>Be</b> 0.00019											5 <b>B</b> 0.00086	6 <b>C</b> 0.18	7 <b>N</b> 0.0020	8 <b>O</b> 46	9 <b>F</b> 0.054	10 <b>Ne</b> 3.0e-7
3	11 <b>Na</b> 2.3	12 <b>Mg</b> 2.9											13 <b>Al</b> 8.1	14 <b>Si</b> 27	15 <b>P</b> 0.099	16 <b>S</b> 0.042	17 <b>Cl</b> 0.017	18 <b>Ar</b> 0.00015
4	19 <b>K</b> 1.5	20 <b>Ca</b> 5.2	21 <b>Sc</b> 0.0026	22 <b>Ti</b> 0.66	23 <b>V</b> 0.019	24 <b>Cr</b> 0.014	25 <b>Mn</b> 0.11	26 <b>Fe</b> 6.3	27 <b>Co</b> 0.0030	28 <b>Ni</b> 0.0089	29 <b>Cu</b> 0.0068	30 <b>Zn</b> 0.0078	31 <b>Ga</b> 0.0019	32 <b>Ge</b> 0.00014	33 <b>As</b> 0.00021	34 <b>Se</b> 5.0e-6	35 <b>Br</b> 0.00030	36 <b>Kr</b> 1.5e-8
5	37 <b>Rb</b> 0.0060	38 <b>Sr</b> 0.036	39 <b>Y</b> 0.0029	40 <b>Zr</b> 0.013	41 <b>Nb</b> 0.0017	42 <b>Mo</b> 0.00011	43 <b>Tc</b> 0	44 <b>Ru</b> 9.9e-8	45 <b>Rh</b> 7.0e-8	46 <b>Pd</b> 6.3e-7	47 <b>Ag</b> 7.9e-6	48 <b>Cd</b> 0.000011	49 <b>In</b> 0.000011	50 <b>Sn</b> 0.00022	51 <b>Sb</b> 0.00002	52 <b>Te</b> 9.9e-8	53 <b>I</b> 0.00004	54 <b>Xe</b> 2.0e-9
6	55 <b>Cs</b> 0.00019	56 <b>Ba</b> 0.034	57-71	72 <b>Hf</b> 0.00033	73 <b>Ta</b> 0.00017	74 <b>W</b> 0.00011	75 <b>Re</b> 2.6e-7	76 <b>Os</b> 1.8e-7	77 <b>Ir</b> 4.0e-8	78 <b>Pt</b> 3.7e-6	79 <b>Au</b> 3.1e-7	80 <b>Hg</b> 6.7e-6	81 <b>Tl</b> 0.00005	82 <b>Pb</b> 0.00099	83 <b>Bi</b> 2.5e-6	84 <b>Po</b> 0	85 <b>At</b> 0	86 <b>Rn</b> 0
7	87 <b>Fr</b> 0	88 <b>Ra</b> 9.9e-12	89-103	104 <b>Rf</b> 0	105 <b>Db</b> 0	106 <b>Sg</b> 0	107 <b>Bh</b> 0	108 <b>Hs</b> 0	109 <b>Mt</b> 0	110 <b>Ds</b> 0	111 <b>Rg</b> 0	112 <b>Cn</b> 0	113 <b>Nh</b> 0	114 <b>Fl</b> 0	115 <b>Mc</b> 0	116 <b>Lv</b> 0	117 <b>Ts</b> 0	118 <b>Og</b> 0

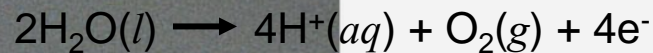
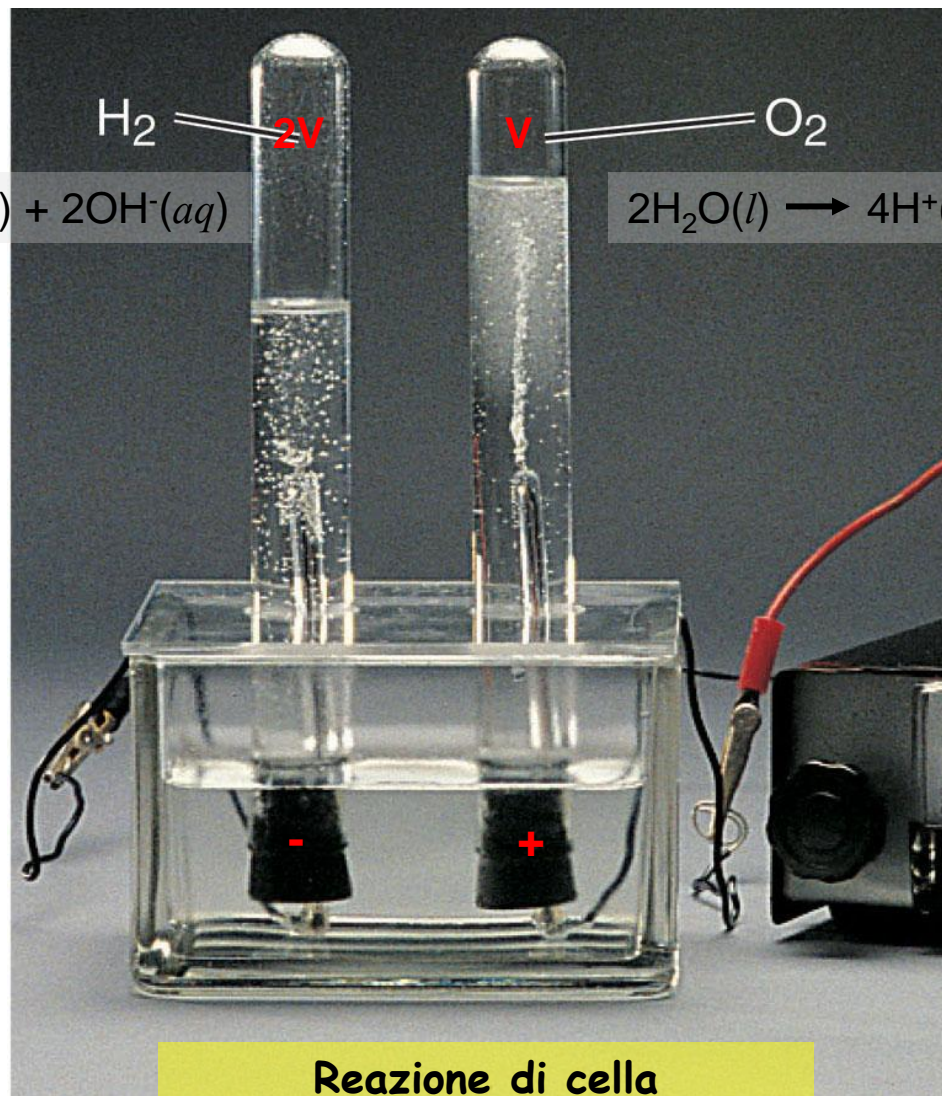
Abundance percentages for elements in each context are by mass, not number of atoms.

Tavola Periodica Design & Interface Copyright © 1997 Michael Davah Ptable.com Ultimo aggiornamento 16 giu 2017

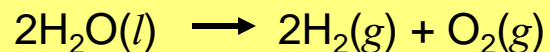
57 <b>La</b> 0.0034	58 <b>Ce</b> 0.0060	59 <b>Pr</b> 0.00086	60 <b>Nd</b> 0.0033	61 <b>Pm</b> 0	62 <b>Sm</b> 0.00060	63 <b>Eu</b> 0.00018	64 <b>Gd</b> 0.00052	65 <b>Tb</b> 0.00009	66 <b>Dy</b> 0.00062	67 <b>Ho</b> 0.00012	68 <b>Er</b> 0.00030	69 <b>Tm</b> 0.00004	70 <b>Yb</b> 0.00028	71 <b>Lu</b> 0.00005
89 <b>Ac</b> 0.00060	90 <b>Th</b> 9.9e-13	91 <b>Pa</b> 0.00018	92 <b>U</b> 0.00018	93 <b>Np</b> 0	94 <b>Pu</b> 0	95 <b>Am</b> 0	96 <b>Cm</b> 0	97 <b>Bk</b> 0	98 <b>Cf</b> 0	99 <b>Es</b> 0	100 <b>Fm</b> 0	101 <b>Md</b> 0	102 <b>No</b> 0	103 <b>Lr</b> 0



## Lettura: L'idrogeno (P. Levi)



**Reazione di cella**



M.S. Silberberg  
Chimica  
McGraw Hill

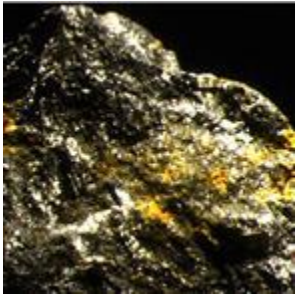


dopo alcuni miliardi di anni ...

12000 a.C. fusione di monili in rame, argento, oro

Età del bronzo (rame + stagno)

Età del ferro (riduzione con carbone dei minerali)



Antimonio



Argento



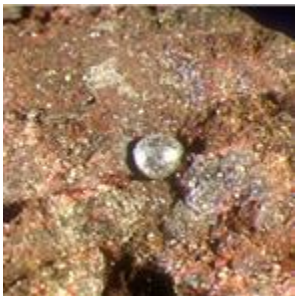
Diamante



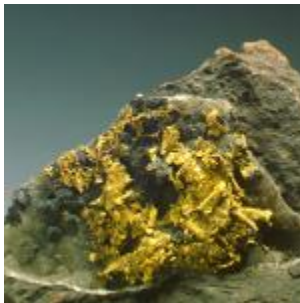
Grafite



(Ferro)



Mercurio



Oro



Platino



Rame



Zolfo

# Gli elementi nativi come specie minerali sulla Terra

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H																	He
2	Li	Be											B	<b>C</b>	N	O	F	Ne
3	Na	Mg											Al	Si	P	<b>S</b>	Cl	Ar
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	<b>Fe</b>	Co	Ni	<b>Cu</b>	Zn	Ga	Ge	<b>As</b>	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	<b>Tc</b>	Ru	Rh	Pd	<b>Ag</b>	Cd	In	Sn	<b>Sb</b>	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	<b>Pt</b>	<b>Au</b>	<b>Hg</b>	Tl	<b>Pb</b>	<b>Bi</b>	Po	At	Rn
7	Fr	Ra	Ac	<b>Rf</b>	<b>Db</b>	<b>Sg</b>	<b>Bh</b>	<b>Hs</b>	<b>Mt</b>	<b>Ds</b>	<b>Rg</b>	<b>Cn</b>	<b>Nh</b>	<b>Fl</b>	<b>Mc</b>	<b>Lv</b>	<b>Ts</b>	<b>Og</b>

Ce	Pr	Nd	<b>Pm</b>	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Th	Pa	U	Np	Pu	<b>Am</b>	<b>Cm</b>	<b>Bk</b>	<b>Cf</b>	<b>Es</b>	<b>Fm</b>	<b>Md</b>	<b>No</b>	<b>Lr</b>

# I colori degli elementi

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H																	He
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og

Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr



ca. 450 a.C. Empedocle: ogni cosa è composta da una miscela di quattro sostanze primordiali: **fuoco, terra, aria, e acqua** con infinite combinazioni (Cina: fuoco, terra, acqua, **legno, metallo**)

ca. 440 a.C. Leucippo e Democrito: **atomo**, particella indivisibile alla base di tutta la materia

*"Tutto è composto di atomi fisicamente indivisibili. Tra gli atomi vi è lo spazio vuoto. Gli atomi sono indistruttibili, sono sempre stati e sono sempre in movimento (non vi è né un sopra né un sotto nel vuoto infinito). Vi è un numero infinito di atomi, e anche di tipi di atomi, differenti per forma e dimensioni. Gruppi differenti di atomi formano le sostanze che conosciamo."*

ca. 360 a.C. Platone conia il termine **elemento** (*stoicheia*). Il *Timeo* è un trattato rudimentale di chimica che include una discussione sulla composizione di corpi organici e inorganici; le particelle costituenti gli elementi hanno la forma di tetraedro (fuoco), cubo (terra), ottaedro (aria) e icosaedro (acqua)

ca. 350 a.C. Aristotele: le sostanze sono costituite da una combinazione di forma e materia. Elementi: **fuoco, terra, aria, acqua, etere** (quintessenza).  
È possibile *trasmutare* le sostanze variando le proporzioni dei 4 "elementi"

ca. 50 a.C. Tito Lucrezio Caro nel *De rerum natura* descrive in chiave poetica le idee dell'atomismo

*"Nessuna sostanza ritorna nel nulla, ma tutte dissolte  
ritornano alle particelle elementari della materia"*

*"Infine le vesti sospese sul lido dove s'infrangono i flutti,  
s'inumidiscono, e invece spiegate al sole si essiccano.  
Ma non si è mai visto come l'umore acqueo sia penetrato  
in esse, né come sia tornato a fuggirne al calore.  
Dunque l'acqua si suddivide in minuscole parti,  
che gli occhi non possono per nessuna ragione vedere"*

ca. 770 Jābir ibn Hayyān (Geber), fondatore dell'alchimia araba, sviluppa vari processi chimici e isola numerosi acidi (acidi cloridrico, citrico, acetico, tartarico, acqua regia)

ca. 1000 Ibn Sīnā (Avicenna), medico e filosofo persiano, respinge le pratiche alchemiche e la teoria della trasmutazione dei metalli

ca. 1260 Alberto Magno scopre l'**arsenico** e il nitrato d'argento. È tra i primi a citare l'acido solforico

ca. 1310 Un anonimo alchimista europeo dà origine alla teoria secondo la quale tutti i metalli sono composti da **zolfo** e **mercurio** in varie proporzioni

1605 M. Sendivogius propone l'esistenza nell'aria di un "cibo vitale", ovvero l'ossigeno

1612 J. Béguin pubblica *Tyrocinium Chymicum*, forse il primo testo moderno (?) di chimica"

*Il mercurio è un liquido acido permeabile, penetrabile, eterico e purissimo, da cui derivano tutto il nutrimento, la sensibilità, il movimento, le forze e il rallentamento di una vecchiaia precoce"*

1632 G. Galilei pubblica il *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*

1648 J.B. van Helmont: il testo *Ortus medicinae* stimola la transizione da alchimia a chimica. Contiene una prima versione della legge della **conservazione della massa** e influenza R. Boyle

1661 R. Boyle in *The Sceptical Chymist* tratta della differenza tra chimica e alchimia: è l'inizio della chimica moderna affrontata con il metodo scientifico (riporta anche gli **insuccessi**)

*"Io ora intendo per elementi certi corpi primitivi e semplici che non essendo costituiti da altre sostanze sono gli ingredienti di cui sono direttamente costituiti tutti quelli chiamati corpi perfettamente composti"*

*"La cosa che pongo in discussione è se ci sia una qualche sostanza che si riscontri costantemente in tutti e ciascuno di quei corpi che sono detti composti di elementi"*

1669 H. Brand, alchimista di Amburgo, cerca la pietra filosofale e invece isola il **fosforo** distillando l'urina



# I 14 elementi chimici noti nel 1730

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
															Prictogens	Chalcogens	Alogeni	
1	1 H 1766	Atomic Sim Year																2 He 1895
2	3 Li 1817	4 Be 1797																10 Ne 1898
3	11 Na 1807	12 Mg 1755																18 Ar 1894
4	19 K 1807	20 Ca 1808	21 Sc 1879	22 Ti 1791	23 V 1801	24 Cr 1797	25 Mn 1774	26 Fe -2000	27 Co 1735	28 Ni 1751	29 Cu -8000	30 Zn 1500	31 Ga 1875	32 Ge 1886	33 As 1250	34 Se 1817	35 Br 1826	36 Kr 1898
5	37 Rb 1861	38 Sr 1790	39 Y 1794	40 Zr 1789	41 Nb 1801	42 Mo 1781	43 Tc 1937	44 Ru 1844	45 Rh 1803	46 Pd 1803	47 Ag -3000	48 Cd 1817	49 In 1863	50 Sn -3000	51 Sb -3000	52 Te 1783	53 I 1811	54 Xe 1898
6	55 Cs 1860	56 Ba 1808	57-71	72 Hf 1923	73 Ta 1802	74 W 1783	75 Re 1925	76 Os 1803	77 Ir 1803	78 Pt 1735	79 Au -2500	80 Hg -1500	81 Tl 1861	82 Pb -4000	83 Bi 1400	84 Po 1898	85 At 1940	86 Rn 1900
7	87 Fr 1939	88 Ra 1898	89-103	104 Rf 1964	105 Db 1967	106 Sg 1974	107 Bh 1981	108 Hs 1984	109 Mt 1982	110 Ds 1994	111 Rg 1994	112 Cn 1996	113 Nh 2004	114 Fl 1998	115 Mc 2004	116 Lv 2000	117 Ts 2010	118 Og 2006

Select a year to dim elements discovered after that year.

Tavola Periodica Design & Interface Copyright © 1997 Michael Davah Ptable.com Ultimo aggiornamento 16 giu 2017

57 La 1839	58 Ce 1803	59 Pr 1885	60 Nd 1885	61 Pm 1945	62 Sm 1879	63 Eu 1901	64 Gd 1880	65 Tb 1843	66 Dy 1866	67 Ho 1878	68 Er 1842	69 Tm 1879	70 Yb 1878	71 Lu 1907
89 Ac 1899	90 Th 1829	91 Pa 1913	92 U 1789	93 Np 1940	94 Pu 1940	95 Am 1944	96 Cm 1944	97 Bk 1949	98 Cf 1950	99 Es 1952	100 Fm 1952	101 Md 1955	102 No 1958	103 Lr 1961

1730 G. Brandt analizza un pigmento blu scuro trovato in un minerale di rame e dimostra che tale pigmento contiene un nuovo elemento, il **cobalto**

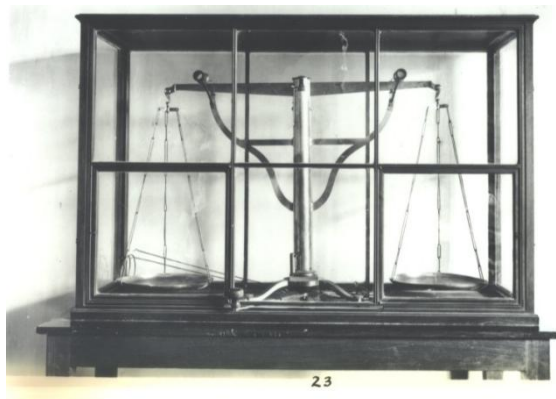
1766 H. Cavendish scopre l'**idrogeno**, un gas incolore e inodore che brucia e può formare una miscela esplosiva con l'aria

1772-4 C. Scheele e J. Priestley isolano indipendentemente l'**ossigeno**

1778 **A.-L. de Lavoisier**, considerato il fondatore della chimica moderna, dà il nome all'ossigeno (generatore di acidi) e ne riconosce il ruolo nei processi di combustione

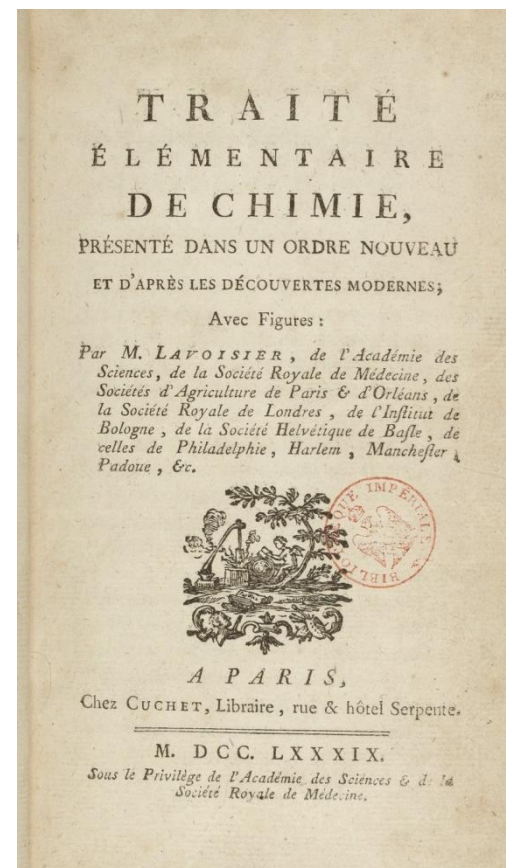
1787 Lavoisier pubblica *Méthode de nomenclature chimique*, il primo sistema razionale di nomenclatura chimica (-oso / -ito, -ico / -ato)

1789 Lavoisier pubblica *Traité Élémentaire de Chimie*, il testo di fondazione della chimica moderna, con la definizione inequivocabile della **legge della conservazione della massa**. Nascono **stechiometria** e chimica analitica quantitativa



*"Possiamo porre come incontestabile assioma che in tutte le operazioni dell'arte e della natura nulla viene creato; un'uguale quantità di materia esiste prima e dopo l'esperimento, la qualità e quantità degli elementi rimane precisamente la stessa e nulla accade oltre a cambiamenti e modifiche nella combinazione di questi elementi"*

	Noms nouveaux.	Noms anciens correspondans.
	Lumière.....	Lumière. Chaleur. Principe de la chaleur. Fluide igné. Feu. Matière du feu & de la chaleur.
	Calorique.....	Air déphlogistiqué. Air empiréal. Air vital. Base de l'air vital. Gaz phlogistiqué. Mofète. Base de la mofète. Gaz inflammable. Base du gaz inflammable.
Substances simples qui ap- partiennent aux trois ré- gnes, & qu'on peut regarder comme les élé- mens des corps.	Oxygène.....	
	Azote.....	
	Hydrogène.....	
Substances simples non métalliques oxidables & acidifiables.	Soufre.....	Soufre.
	Phosphore.....	Phosphore.
	Carbone.....	Charbon pur.
	Radical muriatique.	Inconnu.
	Radical fluorique...	Inconnu.
	Radical boracique..	Inconnu.
	Antimoine.....	Antimoine.
	Argent.....	Argent.
	Arsenic.....	Arsenic.
	Bismuth.....	Bismuth.
	Cobalt.....	Cobalt.
	Cuivre.....	Cuivre.
	Etain.....	Etain.
	Fer.....	Fer.
Substances simples métal- liques oxida- bles & acidi- fiables.	Manganèse.....	Manganèse.
	Mercure.....	Mercure.
	Molybdène.....	Molybdène.
	Nickel.....	Nickel.
	Or.....	Or.
	Platine.....	Platine.
	Plomb.....	Plomb.
	Tungstène.....	Tungstène.
	Zinc.....	Zinc.
	Chaux.....	Terre calcaire, chaux.
	Magnésie.....	Magnésie, base du sel d'epsom.
	Baryte.....	Barote, terre pesante.
Substances simples salifi- ables terreuses.	Alumine.....	Argile, terre de l'alun, base de l'alun.
	Silice.....	Terre siliceuse, terre vitrifiable.



"La Nature ne fait rien de rien  
et la matière ne se perd point"

E. Mariotte (1620-1684)

FIGURE 1.2

List of 36 simple substances  
compiled by Lavoisier. *Traité  
Elémentaire de Chimie*, Cuchet,  
Paris, 1789, p. 192



1797 J. Proust propone la legge delle proporzioni definite: gli elementi reagiscono per formare composti combinandosi secondo **proporzioni in massa definite e costanti**

1800 A. Volta inventa la **pila**: nasce l'elettrochimica

1805 J. L. Gay-Lussac e A. von Humboldt dimostrano che l'acqua è costituita da due volumi di idrogeno e un volume di ossigeno

1808 J. L. Gay-Lussac formula la **legge dei volumi di combinazione**: se due sostanze gassose reagiscono a temperatura e pressione costante, i volumi dei gas reagenti stanno tra loro secondo rapporti espressi da numeri interi e piccoli

1808 J. Dalton propone la prima teoria atomica moderna e una chiara enunciazione della legge delle proporzioni multiple

- *la materia è formata da piccolissime particelle elementari indivisibili dette atomi*
- *gli atomi non possono essere né creati né distrutti*
- *gli atomi di un elemento non possono essere convertiti in atomi di altri elementi*

1811 A. Avogadro propone l'omonima legge: **volumi uguali di gas diversi, alla stessa temperatura e pressione, contengono un ugual numero di molecole**

1811 B. Courtois scopre casualmente lo **iodio** bruciando alghe marine ma non si accorge che ha isolato un nuovo elemento

1828 F. Wöhler sintetizza l'urea dal cianato di ammonio, fine della **teoria del vitalismo**

1829 **J.W. Döbereiner formula la legge delle triadi** basata su pesi atomici inaccurati

Li/Na/K; Ca/Sr/Ba; S/Se/Te; Cl/Br/I      $P.A.(Br) = (P.A.(Cl) + P.A.(I)) / 2$

1852 E. Frankland introduce il concetto di **valenza**: ogni atomo può combinarsi solo con un ben preciso numero di altri atomi

1859 R. Bunsen e G. Kirchhoff pongono le basi per l'uso della spettroscopia in campo analitico e scoprono Cs e Rb: con la stessa tecnica verranno scoperti In, Ga, Tl, He



1860 S. Cannizzaro riprende le idee di Avogadro sulle molecole diatomiche; compila una tabella di pesi atomici per il Congresso di Karlsruhe

1862 A.-É. Béguyer de Chancourtois (mistico, pitagorico) pubblica la "**vis tellurique**" (tavola periodica tridimensionale), la prima formulazione della periodicità delle proprietà degli elementi

1863-5 J. Newlands propone (senza successo) la legge delle ottave, una disposizione degli elementi in base al peso atomico che precorre la tavola periodica degli elementi

Newlands's table illustrating the law of octaves as presented to the Chemical Society in 1866

No.		No.		No.		No.		No.		No.		No.			
H	1	F	8	Cl	15	Co & Ni	22	Br & Ni	22	Pd	36	I	42	Pt & Ir	50
Li	2	Na	9	K	16	Cu	23	Rb	30	Ag	37	Cs	44	Os	51
G	3	Mg	10	Ca	17	Zn	24	Sr	31	Cd	38	Ba & V	45	Hg	52
Bo	4	Al	11	Cr	19	Y	25	Ce & La	33	U	40	Ta	46	Tl	53
C	5	Si	12	Ti	18	In	26	Zr	32	Sn	39	W	47	Pb	54
N	6	P	23	Mn	20	As	27	Di & Mo	34	Sb	41	Nb	48	Bi	55
O	7	S	14	Fe	21	Se	28	Ro & Ru	35	Te	43	Au	49	Th	56

Note the inclusion of a number of nonconventional symbols, from the contemporary point of view. These are G for glucinium, subsequently called beryllium; Bo for boron; Di for didymium, which later turned out to be a mixture of two rare earth elements; and Ro for rhodium.

1864 W. Odling, successore di Faraday alla R.I., sostiene le idee di Avogadro e Cannizzaro; individua la **periodicità del comportamento di 57 elementi e alcune posizioni vacanti**. Muore nel 1921 a 91 anni quando l'atomo non è più indivisibile



# Anno 1864

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
															Prnctogens	Chalcogens	Alogeni	
1	1 H 1766	Atomic Sim Year																2 He 1895
2	3 Li 1817	4 Be 1797																10 Ne 1898
3	11 Na 1807	12 Mg 1755																18 Ar 1894
4	19 K 1807	20 Ca 1808	21 Sc 1879	22 Ti 1791	23 V 1801	24 Cr 1797	25 Mn 1774	26 Fe -2000	27 Co 1735	28 Ni 1751	29 Cu -8000	30 Zn 1500	31 Ga 1875	32 Ge 1886	33 As 1250	34 Se 1817	35 Br 1826	36 Kr 1898
5	37 Rb 1861	38 Sr 1790	39 Y 1794	40 Zr 1789	41 Nb 1801	42 Mo 1781	43 Tc 1937	44 Ru 1844	45 Rh 1803	46 Pd 1803	47 Ag -3000	48 Cd 1817	49 In 1863	50 Sn -3000	51 Sb -3000	52 Te 1783	53 I 1811	54 Xe 1898
6	55 Cs 1860	56 Ba 1808	57-71	72 Hf 1923	73 Ta 1802	74 W 1783	75 Re 1925	76 Os 1803	77 Ir 1803	78 Pt 1735	79 Au -2500	80 Hg -1500	81 Tl 1861	82 Pb -4000	83 Bi 1400	84 Po 1898	85 At 1940	86 Rn 1900
7	87 Fr 1939	88 Ra 1898	89-103	104 Rf 1964	105 Db 1967	106 Sg 1974	107 Bh 1981	108 Hs 1984	109 Mt 1982	110 Ds 1994	111 Rg 1994	112 Cn 1996	113 Nh 2004	114 Fl 1998	115 Mc 2004	116 Lv 2000	117 Ts 2010	118 Og 2006

Select a year to dim elements discovered after that year.

Tavola Periodica Design & Interface Copyright © 1997 [Michael Davah](#) Ptable.com Ultimo aggiornamento 16 giu 2017

57 La 1839	58 Ce 1803	59 Pr 1885	60 Nd 1885	61 Pm 1945	62 Sm 1879	63 Eu 1901	64 Gd 1880	65 Tb 1843	66 Dy 1866	67 Ho 1878	68 Er 1842	69 Tm 1879	70 Yb 1878	71 Lu 1907
89 Ac 1899	90 Th 1829	91 Pa 1913	92 U 1789	93 Np 1940	94 Pu 1940	95 Am 1944	96 Cm 1944	97 Bk 1949	98 Cf 1950	99 Es 1952	100 Fm 1952	101 Md 1955	102 No 1958	103 Lr 1961

## 1864 Julius Lothar Meyer: organizza 28 elementi in base alla **valenza**

	4 werthig	3 werthig	2 werthig	1 werthig	1 werthig	2 werthig
	--	--	--	---	Li = 7.03	(Be = 9.3?)
Differenz =	--	--	--	---	16.02	(14.7)
	C = 12.0	N = 14.04	O = 16.00	Fl = 19.0	Na = 23.05	Mg = 24.0
Differenz =	16.5	16.96	16.07	16.46	16.08	16.0
	Si = 28.5	P = 31.0	S = 32.07	Cl = 35.46	K = 39.13	Ca = 40.0
Differenz =	$\frac{89.1}{2} = 44.55$	44.0	46.7	44.51	46.3	47.6
	--	As = 75.0	Se = 78.8	Br = 79.97	Rb = 85.4	Sr = 87.6
Differenz =	$\frac{89.1}{2} = 44.55$	45.6	49.5	46.8	47.6	49.5
	Sn = 117.6	Sb = 120.6	Te = 128.3	I = 126.8	Cs = 133.0	Ba = 137.1
Differenz =	89.4 = 2 x 44.7	87.4 = 2 x 43.7	--	---	(71 = 2 x 35.5)	--
	Pb = 207.0	Bi = 208.0	--	---	(Tl = 204?)	--



FIGURE 3.9 Table of 1864. J. Lothar Meyer, *Die modernen thoerien und ihre Bedeutung fur die chemische Statistik*, Breslau (Wroclaw), 1864, p. 135.

$$\text{Volume atomico molare (cm}^3\text{/mol)} = \mathcal{M}(\text{g/mol}) / d(\text{g/cm}^3)$$

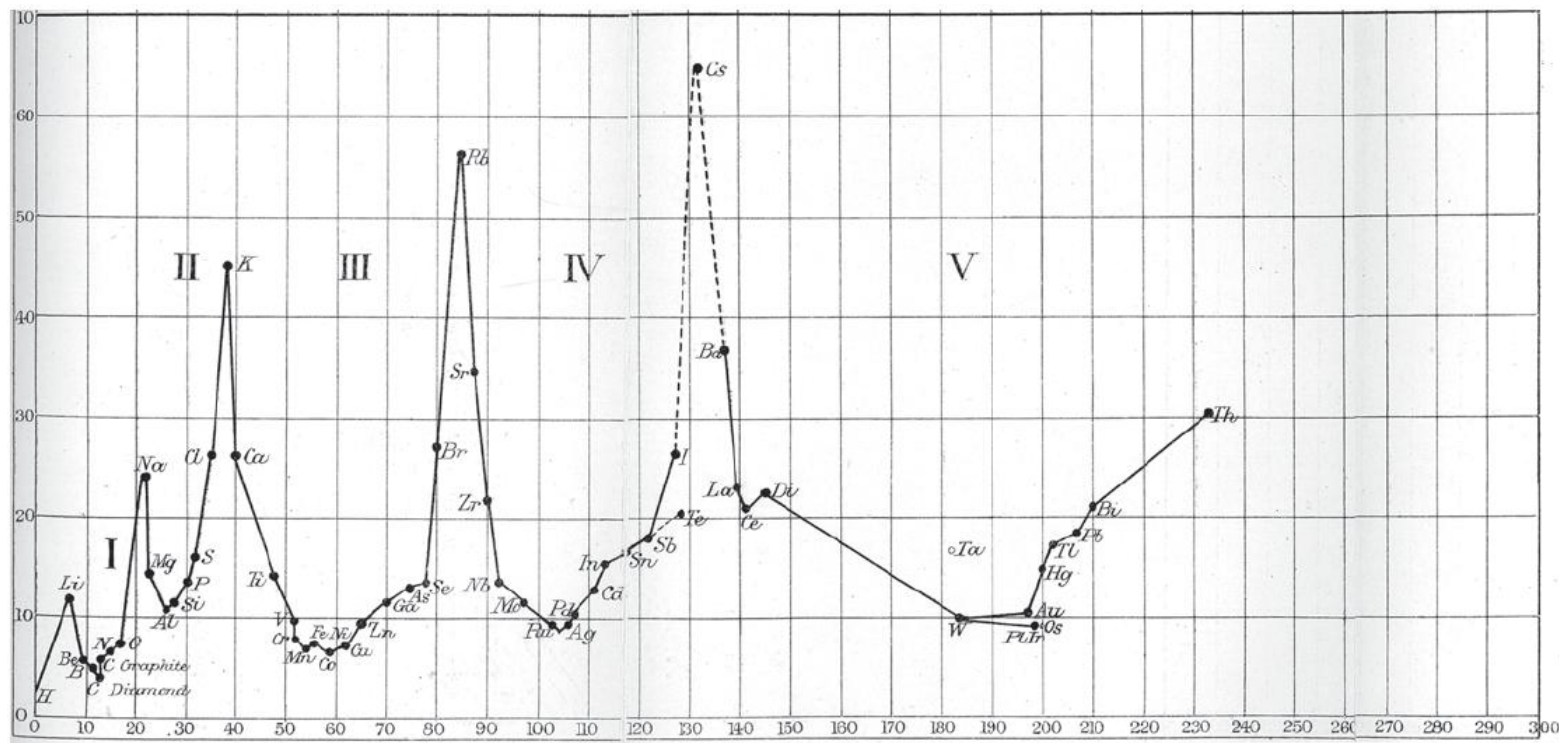


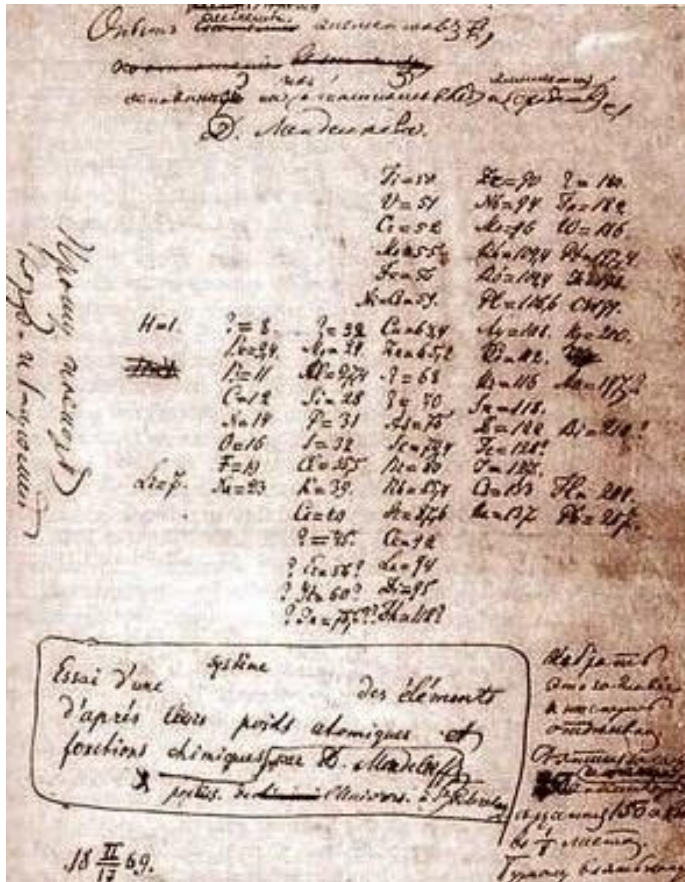
FIGURE 3.10 Plot of atomic volume versus atomic weight. J. Lothar Meyer, *Die Natur der Chemischen Elemente als Function ihrer Atomgewichte*, *Annalen der Chemie*, Supplementband, 7, 354–364, 1870. Recrawn by T. Bayley, *Philosophical Magazine*, 13, 26–37, 1882, p. 26.

La stessa analisi venne presentata da D. Mendeleev nel 1869 a Mosca



1869 Dmitrij Ivanovic Mendeleev lavora indipendentemente sulle **proprietà chimiche degli elementi**; pubblica la prima Tavola Periodica degli elementi moderna ordinando gli elementi noti secondo il **peso atomico, caratteristica fondamentale che cresce con regolarità ma con salti**

*"Le proprietà degli elementi, incluse le proprietà di combinazione, sono una funzione periodica del peso atomico"*



Reihen	Gruppe I. R <sup>0</sup>	Gruppe II. R <sup>0</sup>	Gruppe III. R <sup>0</sup>	Gruppe IV. R <sup>0</sup>	Gruppe V. R <sup>0</sup>	Gruppe VI. R <sup>0</sup>	Gruppe VII. R <sup>0</sup>	Gruppe VIII. R <sup>0</sup>
1	H=1							
2	Li=7	Be=9,4	B=11	C=12	N=14	O=16	F=19	
3	Na=23	Mg=24	Al=27,3	Si=28	P=31	S=32	Cl=35,5	
4	K=39	Ca=40	—=44	Ti=48	V=51	Cr=52	Mn=55	Fe=56, Co=59, Ni=59, Cu=63.
5	(Cu=63)	Zn=65	—=68	—=72	As=75	Se=78	Br=80	
6	Rb=85	Sr=87	?Yt=88	Zr=90	Nb=94	Mo=96	—=100	Ru=104, Rh=104, Pd=106, Ag=108.
7	(Ag=108)	Cd=112	In=113	Sn=118	Sb=122	Te=125	J=127	
8	Cs=133	Ba=137	?Di=138	?Ce=140	—	—	—	—
9	(—)	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	?Er=178	?La=180	Ta=182	W=184	—	Os=195, Ir=197, Pt=198, Au=199.
11	(Au=199)	Hg=200	Tl=204	Pb=207	Bi=208	—	—	—
12	—	—	—	Th=231	—	U=240	—	—



P.A. molto diversi ma  
proprietà chimiche simili

P.A. ravvicinati ma  
proprietà chimiche  
significativamente  
diverse

Typische Elemente											
H = 1	Li = 7	Na = 23	K = 39	Rb = 85	Cs = 133	—	—	—	—	—	—
Be = 9,4	Be = 9,4	Mg = 24	Ca = 40	Sr = 87	Ba = 137	—	—	—	—	—	—
B = 11	B = 11	Al = 27,3	—	? Yt = 88?	? Di = 138?	Er = 178?	—	—	—	—	—
C = 12	C = 12	Si = 28	Ti = 48?	Zr = 90	Co = 140?	? La = 180?	Tb = 231	—	—	—	—
N = 14	N = 14	P = 31	V = 51	Nb = 94	—	Ta = 182	—	—	—	—	—
O = 16	O = 16	S = 32	Cr = 52	Mo = 96	—	W = 184	U = 240	—	—	—	—
F = 19	F = 19	Cl = 35,5	Mn = 55	—	—	—	—	—	—	—	—
			Fe = 56	Ru = 104	—	Os = 195?	—	—	—	—	—
			Co = 59	Rh = 104	—	Ir = 197	—	—	—	—	—
			Ni = 59	Pd = 106	—	Pt = 198?	—	—	—	—	—
			Cu = 63	Ag = 108	—	Au = 199?	—	—	—	—	—
			Zn = 65	Cd = 112	—	Hg = 200	—	—	—	—	—
			—	In = 113	—	Tl = 204	—	—	—	—	—
			—	Sn = 118	—	Pb = 207	—	—	—	—	—
			As = 75	Sb = 122	—	Bi = 208	—	—	—	—	—
			Se = 78	Te = 125?	—	—	—	—	—	—	—
			Br = 80	J = 127	—	—	—	—	—	—	—

FIGURE 4.3 Mendeleev's published periodic system, of 1869. D.I. Mendeleev, Sootnoshenie svoistv s atomnym vesom elementov, *Zhurnal Russkoe Fiziko-Khimicheskoe Obshchestvo*, 1, 60–77, 1869,



## Mendeleev lascia alcune posizioni vuote

	13	14	15	
	5 <b>B</b> boron 10.81 [10.806, 10.821]	6 <b>C</b> carbon 12.011 [12.009, 12.012]	7 <b>N</b> nitrogen 14.007 [14.006, 14.008]	c
2	13 <b>Al</b> aluminium 26.982	14 <b>Si</b> silicon 28.085 [28.084, 28.086]	15 <b>P</b> phosphorus 30.974	[32.0]
0 n nc 8(2)	31 <b>Ga</b> gallium 69.723	<i>eka-Si</i>	33 <b>As</b> arsenic 74.922	84 71
8 d nium 1:41	49 <b>In</b> indium 114.82	50 <b>Sn</b> tin 118.71	51 <b>Sb</b> antimony 121.76	te 1:
0 a	81 <b>Tl</b>	82 <b>Pb</b>	83 <b>Bi</b>	

	13	14	15	
	5 <b>B</b> boron 10.81 [10.806, 10.821]	6 <b>C</b> carbon 12.011 [12.009, 12.012]	7 <b>N</b> nitrogen 14.007 [14.006, 14.008]	c
2	13 <b>Al</b> aluminium 26.982	14 <b>Si</b> silicon 28.085 [28.084, 28.086]	15 <b>P</b> phosphorus 30.974	[32.0]
0 n nc 8(2)	31 <b>Ga</b> gallium 69.723	32 <b>Ge</b> germanium 72.630(8)	33 <b>As</b> arsenic 74.922	84 71
8 d nium 1:41	49 <b>In</b> indium 114.82	50 <b>Sn</b> tin 118.71	51 <b>Sb</b> antimony 121.76	te 1:
0 a	81 <b>Tl</b>	82 <b>Pb</b>	83 <b>Bi</b>	

Regola del quadrilatero      P.A.(eka-Si)  $\approx (28,08 + 118,7 + 69,72 + 74,92) / 4 = 72,9$

List of Mendeleev's Major Predictions, Successful and Otherwise

<i>Element as given by Mendeleev</i>	<i>Predicted atomic weight</i>	<i>Measured atomic weight</i>	<i>Eventual name</i>
Coronium	0.4	Not found	Not found
Ether	0.17	Not found	Not found
Eka-boron	44	44.6	Scandium
Eka-cerium	54	Not found	Not found
Eka-aluminum	68	69.2	Gallium
Eka-silicon	72	72.0	Germanium
Eka-manganese	100	99	Technetium (1925)
Eka-molybdenum	140	Not found	Not found
Eka-niobium	146	Not found	Not found
Eka-cadmium	155	Not found	Not found
Eka-iodine	170	Not found	Not found
Eka-caesium	175	Not found	Not found
Tri-manganese	190	186	Rhenium (1925)
Dvi-tellurium	212	210	Polonium (1898)
Dvi-caesium	220	223	Francium (1937)
Eka-tantalum	235	231	Protactinium (1917)

Altri problemi non risolti: pesi atomici di Co/Ni, Te/I e lantanidi

# MaTecK's Periodic Table of the Elements

Lettura: Il giardino di Mendeleev (O. Sacks)

1 H 1.0079 Hydrogen	2 He 4.0026 Helium																					3 Li 6.941 Lithium	4 Be 9.0122 Beryllium	5 B 10.811 Boron	6 C 12.011 Carbon	7 N 14.007 Nitrogen	8 O 15.999 Oxygen	9 F 18.998 Fluorine	10 Ne 20.180 Neon	11 Na 22.990 Sodium	12 Mg 24.305 Magnesium	13 Al 26.982 Aluminum	14 Si 28.086 Silicon	15 P 30.974 Phosphorus	16 S 32.066 Sulfur	17 Cl 35.453 Chlorine	18 Ar 39.948 Argon	19 K 39.099 Potassium	20 Ca 40.078 Calcium	21 Sc 44.956 Scandium	22 Ti 47.880 Titanium	23 V 50.942 Vanadium	24 Cr 51.996 Chromium	25 Mn 54.938 Manganese	26 Fe 55.847 Iron	27 Co 58.933 Cobalt	28 Ni 58.693 Nickel	29 Cu 63.546 Copper	30 Zn 65.39 Zinc	31 Ga 69.723 Gallium	32 Ge 72.61 Germanium	33 As 74.922 Arsenic	34 Se 78.96 Selenium	35 Br 79.904 Bromine	36 Kr 83.80 Krypton	37 Rb 85.468 Rubidium	38 Sr 87.62 Strontium	39 Y 88.906 Yttrium	40 Zr 91.224 Zirconium	41 Nb 92.906 Niobium	42 Mo 95.94 Molybdenum	43 Tc 98.906 Technetium	44 Ru 101.07 Ruthenium	45 Rh 102.91 Rhodium	46 Pd 106.42 Palladium	47 Ag 107.87 Silver	48 Cd 112.41 Cadmium	49 In 114.82 Indium	50 Sn 118.71 Tin	51 Sb 121.76 Antimony	52 Te 127.60 Tellurium	53 I 126.90 Iodine	54 Xe 131.29 Xenon	55 Cs 132.91 Cesium	56 Ba 137.33 Barium	57 La 138.91 Lanthanum	58 Ce 140.12 Cerium	59 Pr 140.91 Praseodymium	60 Nd 144.24 Neodymium	61 Pm 144.91 Promethium	62 Sm 150.36 Samarium	63 Eu 151.97 Europium	64 Gd 157.25 Gadolinium	65 Tb 158.93 Terbium	66 Dy 162.50 Dysprosium	67 Ho 164.93 Holmium	68 Er 167.26 Erbium	69 Tm 168.93 Thulium	70 Yb 173.04 Ytterbium	71 Lu 174.97 Lutetium	72 Hf 178.49 Hafnium	73 Ta 180.95 Tantalum	74 W 183.84 Tungsten	75 Re 186.21 Rhenium	76 Os 190.23 Osmium	77 Ir 192.22 Iridium	78 Pt 195.08 Platinum	79 Au 196.97 Gold	80 Hg 200.59 Mercury	81 Tl 204.38 Thallium	82 Pb 207.2 Lead	83 Bi 208.98 Bismuth	84 Po 209 Polonium	85 At 210 Astatine	86 Rn 222 Radon	87 Fr 223 Francium	88 Ra 226 Radium	89 Ac 227 Actinium	90 Th 232 Thorium	91 Pa 231 Protactinium	92 U 238 Uranium	93 Np 237 Neptunium	94 Pu 244 Plutonium	95 Am 243 Americium	96 Cm 247 Curium	97 Bk 247 Berkelium	98 Cf 251 Californium	99 Es 252 Einsteinium	100 Fm 257 Fermium	101 Md 258 Mendelevium	102 No 259 Nobelium	103 Lr 262 Lawrencium	104 Rf 261 Rutherfordium	105 Db 262 Dubnium	106 Sg 263 Seaborgium	107 Bh 264 Bohrium	108 Hs 269 Hassium	109 Mt 268 Meitnerium	110 Ds 271 Darmstadtium	111 Rg 272 Roentgenium	112 Uub 277 Ununbium	113 Nh 288 Nihonium	114 Fl 289 Flerovium	115 Mc 290 Moscovium	116 Lv 293 Livermorium	117 Ts 294 Tennessine	118 Og 294 Oganesson
------------------------------	-----------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------------------	--------------------------------	---------------------------	----------------------------	------------------------------	----------------------------	------------------------------	----------------------------	------------------------------	---------------------------------	--------------------------------	-------------------------------	---------------------------------	-----------------------------	--------------------------------	-----------------------------	--------------------------------	-------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-------------------------------	--------------------------------	---------------------------------	----------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	---------------------------	-------------------------------	--------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	------------------------------	---------------------------------	-------------------------------	---------------------------------	----------------------------------	---------------------------------	-------------------------------	---------------------------------	------------------------------	-------------------------------	------------------------------	---------------------------	--------------------------------	---------------------------------	-----------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	---------------------------------	------------------------------	------------------------------------	---------------------------------	----------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	----------------------------------	-------------------------------	----------------------------------	-------------------------------	------------------------------	-------------------------------	---------------------------------	--------------------------------	-------------------------------	--------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	------------------------------	-------------------------------	--------------------------------	----------------------------	-------------------------------	--------------------------------	---------------------------	-------------------------------	-----------------------------	-----------------------------	--------------------------	-----------------------------	---------------------------	-----------------------------	----------------------------	---------------------------------	---------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	---------------------------	------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	------------------------------	--------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------	--------------------------------	-----------------------------	-----------------------------	--------------------------------	----------------------------------	---------------------------------	-------------------------------	------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	---------------------------------	--------------------------------	-------------------------------

Crystal structure			
	Cubic		Orthorhombic
	Cubic f.c.		Rhombohedral
	Cubic b.c.		Hexagonal
			Monoclinic



# Anno 1894

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
															Prnogens	Chalcogens	Alogeni	
1	1 H 1766	Atomic Sim Year																2 He 1895
2	3 Li 1817	4 Be 1797																
3	11 Na 1807	12 Mg 1755																
4	19 K 1807	20 Ca 1808	21 Sc 1879	22 Ti 1791	23 V 1801	24 Cr 1797	25 Mn 1774	26 Fe -2000	27 Co 1735	28 Ni 1751	29 Cu -8000	30 Zn 1500	31 Ga 1875	32 Ge 1886	33 As 1250	34 Se 1817	35 Br 1826	36 Kr 1898
5	37 Rb 1861	38 Sr 1790	39 Y 1794	40 Zr 1789	41 Nb 1801	42 Mo 1781	43 Tc 1937	44 Ru 1844	45 Rh 1803	46 Pd 1803	47 Ag -3000	48 Cd 1817	49 In 1863	50 Sn -3000	51 Sb -3000	52 Te 1783	53 I 1811	54 Xe 1898
6	55 Cs 1860	56 Ba 1808	57-71	72 Hf 1923	73 Ta 1802	74 W 1783	75 Re 1925	76 Os 1803	77 Ir 1803	78 Pt 1735	79 Au -2500	80 Hg -1500	81 Tl 1861	82 Pb -4000	83 Bi 1400	84 Po 1898	85 At 1940	86 Rn 1900
7	87 Fr 1939	88 Ra 1898	89-103	104 Rf 1964	105 Db 1967	106 Sg 1974	107 Bh 1981	108 Hs 1984	109 Mt 1982	110 Ds 1994	111 Rg 1994	112 Cn 1996	113 Nh 2004	114 Fl 1998	115 Mc 2004	116 Lv 2000	117 Ts 2010	118 Og 2006

Select a year to dim elements discovered after that year.

Tavola Periodica Design & Interface Copyright © 1997 Michael Davah Ptable.com Ultimo aggiornamento 16 giu 2017

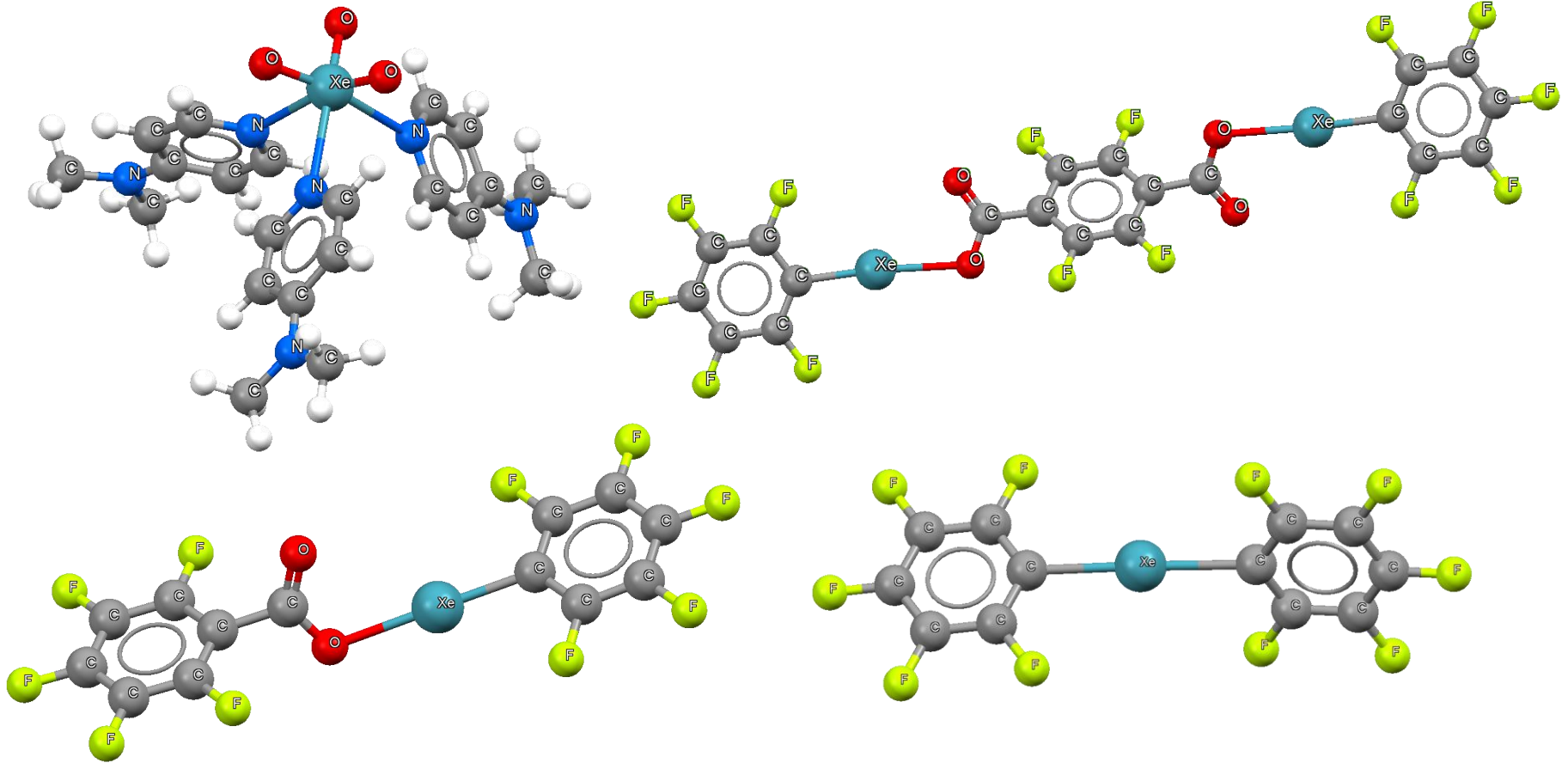
57 La 1839	58 Ce 1803	59 Pr 1885	60 Nd 1885	61 Pm 1945	62 Sm 1879	63 Eu 1901	64 Gd 1880	65 Tb 1843	66 Dy 1866	67 Ho 1878	68 Er 1842	69 Tm 1879	70 Yb 1878	71 Lu 1907
89 Ac 1899	90 Th 1829	91 Pa 1913	92 U 1789	93 Np 1940	94 Pu 1940	95 Am 1944	96 Cm 1944	97 Bk 1949	98 Cf 1950	99 Es 1952	100 Fm 1952	101 Md 1955	102 No 1958	103 Lr 1961



1894 W. Ramsay scopre i **gas nobili**, occupando una regione inattesa nella tavola periodica: Mendeleev sbaglia l'assegnazione dell'argon all'interno del suo sistema periodico

(1962 N. Bartlett ottiene il primo composto di un gas nobile)

### Lettura: L'argon (P. Levi)



# Anno 1900

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
															Prinogens	Chalcogens	Alogeni	
1	1 H 1766	Atomic Sim Year																2 He 1895
2	3 Li 1817	4 Be 1797											5 B 1808	6 C 1772	7 N 1772	8 O 1774	9 F 1886	10 Ne 1898
3	11 Na 1807	12 Mg 1755											13 Al 1825	14 Si 1824	15 P 1669	16 S -500	17 Cl 1774	18 Ar 1894
4	19 K 1807	20 Ca 1808	21 Sc 1879	22 Ti 1791	23 V 1801	24 Cr 1797	25 Mn 1774	26 Fe -2000	27 Co 1735	28 Ni 1751	29 Cu -8000	30 Zn 1500	31 Ga 1875	32 Ge 1886	33 As 1250	34 Se 1817	35 Br 1826	36 Kr 1898
5	37 Rb 1861	38 Sr 1790	39 Y 1794	40 Zr 1789	41 Nb 1801	42 Mo 1781	43 Tc 1937	44 Ru 1844	45 Rh 1803	46 Pd 1803	47 Ag -3000	48 Cd 1817	49 In 1863	50 Sn -3000	51 Sb -3000	52 Te 1783	53 I 1811	54 Xe 1898
6	55 Cs 1860	56 Ba 1808	57-71	72 Hf 1923	73 Ta 1802	74 W 1783	75 Re 1925	76 Os 1803	77 Ir 1803	78 Pt 1735	79 Au -2500	80 Hg -1500	81 Tl 1861	82 Pb -4000	83 Bi 1400	84 Po 1898	85 At 1940	86 Rn 1900
7	87 Fr 1939	88 Ra 1898	89-103	104 Rf 1964	105 Db 1967	106 Sg 1974	107 Bh 1981	108 Hs 1984	109 Mt 1982	110 Ds 1994	111 Rg 1994	112 Cn 1996	113 Nh 2004	114 Fl 1998	115 Mc 2004	116 Lv 2000	117 Ts 2010	118 Og 2006

Select a year to dim elements discovered after that year.

Tavola Periodica Design & Interface Copyright © 1997 [Michael Davah](#) Ptable.com Ultimo aggiornamento 16 giu 2017

57 La 1839	58 Ce 1803	59 Pr 1885	60 Nd 1885	61 Pm 1945	62 Sm 1879	63 Eu 1901	64 Gd 1880	65 Tb 1843	66 Dy 1866	67 Ho 1878	68 Er 1842	69 Tm 1879	70 Yb 1878	71 Lu 1907
89 Ac 1899	90 Th 1829	91 Pa 1913	92 U 1789	93 Np 1940	94 Pu 1940	95 Am 1944	96 Cm 1944	97 Bk 1949	98 Cf 1950	99 Es 1952	100 Fm 1952	101 Md 1955	102 No 1958	103 Lr 1961

# Gli atomi esistono davvero?

1827 R. Brown studia i granuli di polline in sospensione acquosa

1897 J. J. Thomson scopre l'elettrone

1905 A. Einstein descrive quantitativamente il moto browniano

1910 E. Rutherford propone il modello planetario dell'atomo

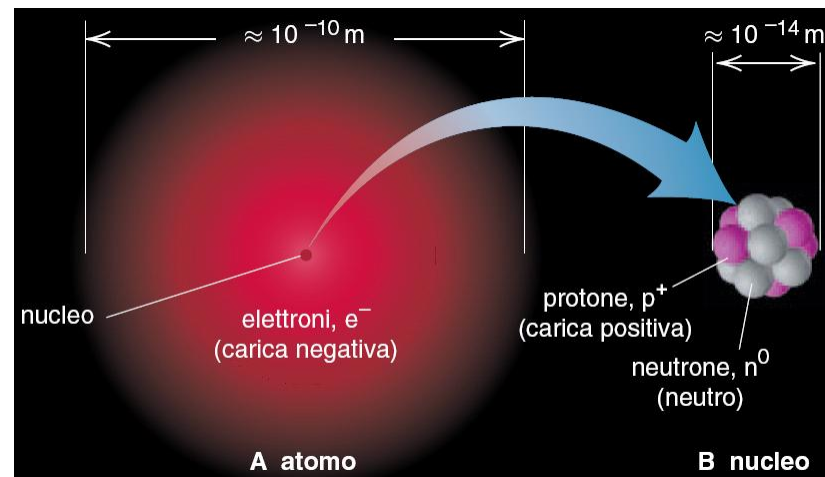
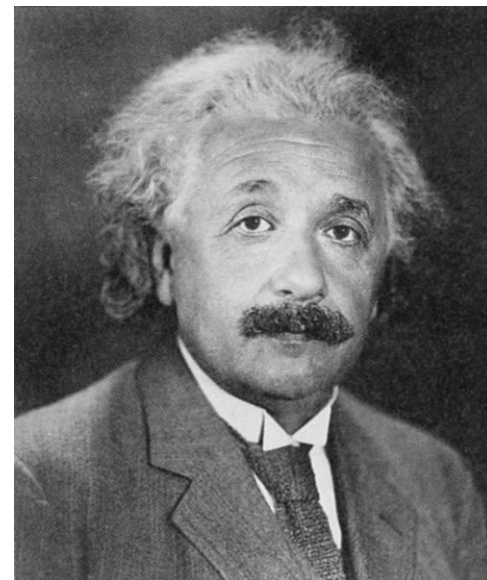
1913 H. Moseley dimostra che  $Z$ , carica positiva del nucleo, è un parametro fisico reale: da H a U ci sono esattamente 92 elementi, inversione delle coppie Co/Ni, Te/I, mancano elementi con  $Z = 43, 61, 72, 75, 85, 87$

1919 E. Rutherford scopre il protone ( $Z$  è il numero di protoni)

1923 J. Chadwick scopre il neutrone

L'atomo non è più indivisibile

Le reazioni nucleari trasmutano gli elementi



J. H. Vincent 1902

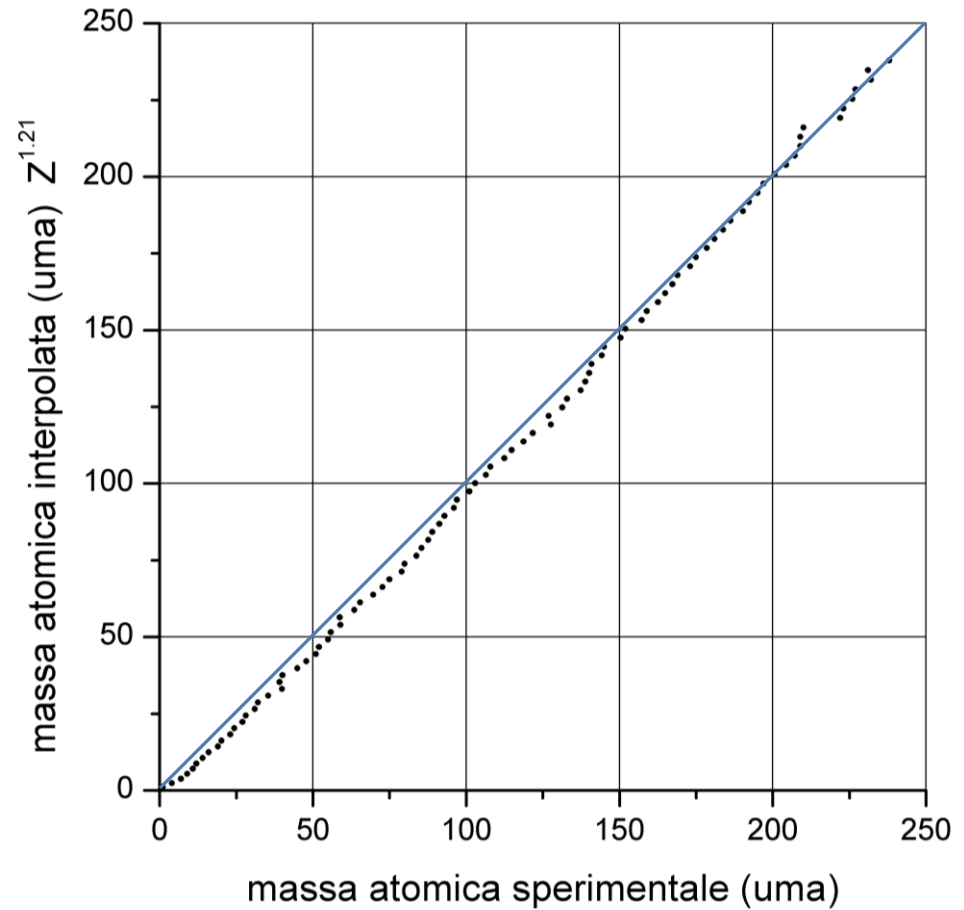
massa atomica =  $N^{1,21}$  con N intero positivo

N = 1 idrogeno

.

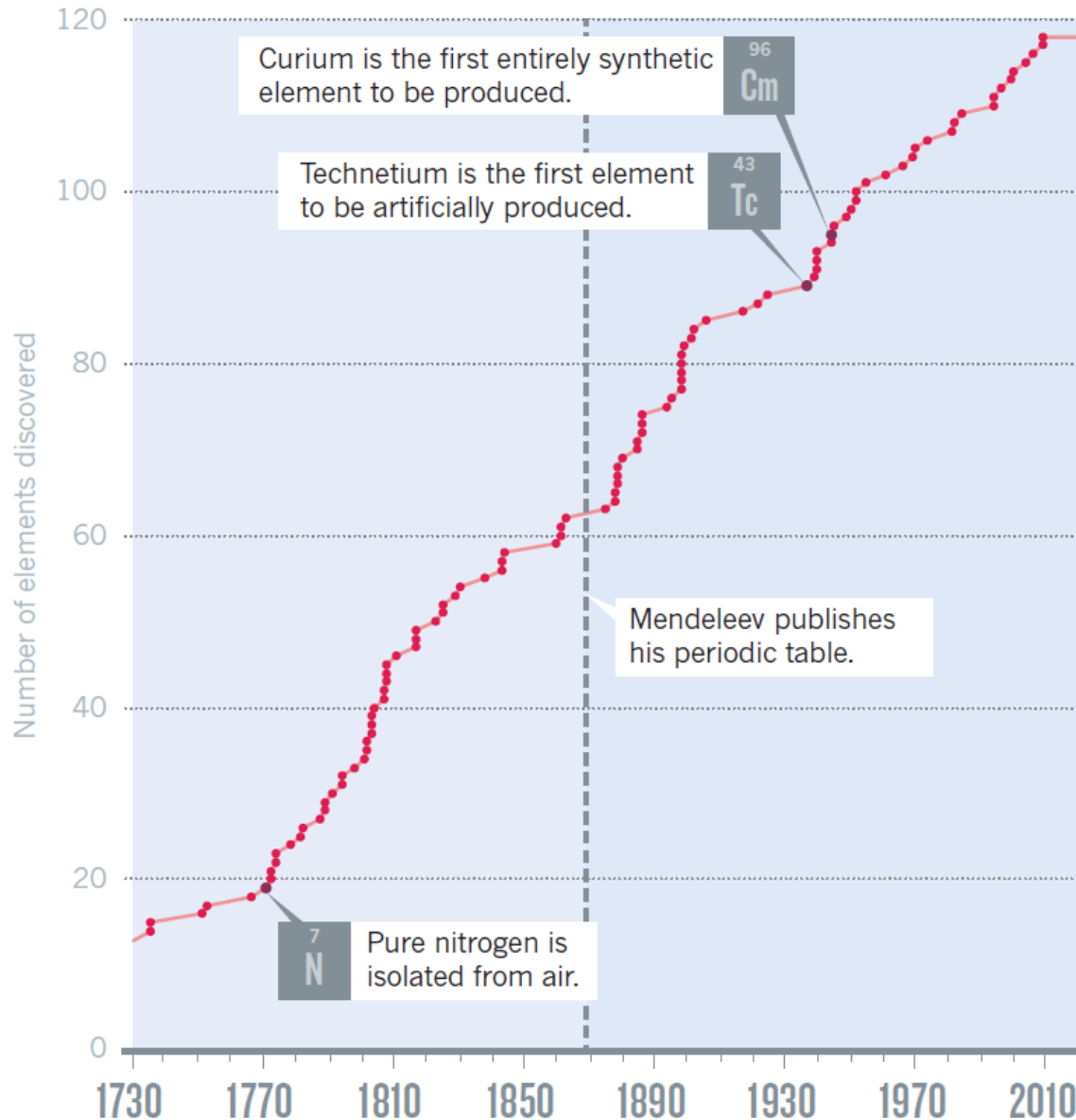
.

N = 92 uranio





## La Tavola di Mendeleev è ancora valida con 118 elementi?



Sg (106)

Hs (108)  $\text{HsO}_4$

in accordo con gruppo  
tavola periodica

Db (105) non  
corrisponde a Ta

Og più reattivo dei  
gas nobili?

## La Tavola di Mendeleev sotto pressione ...

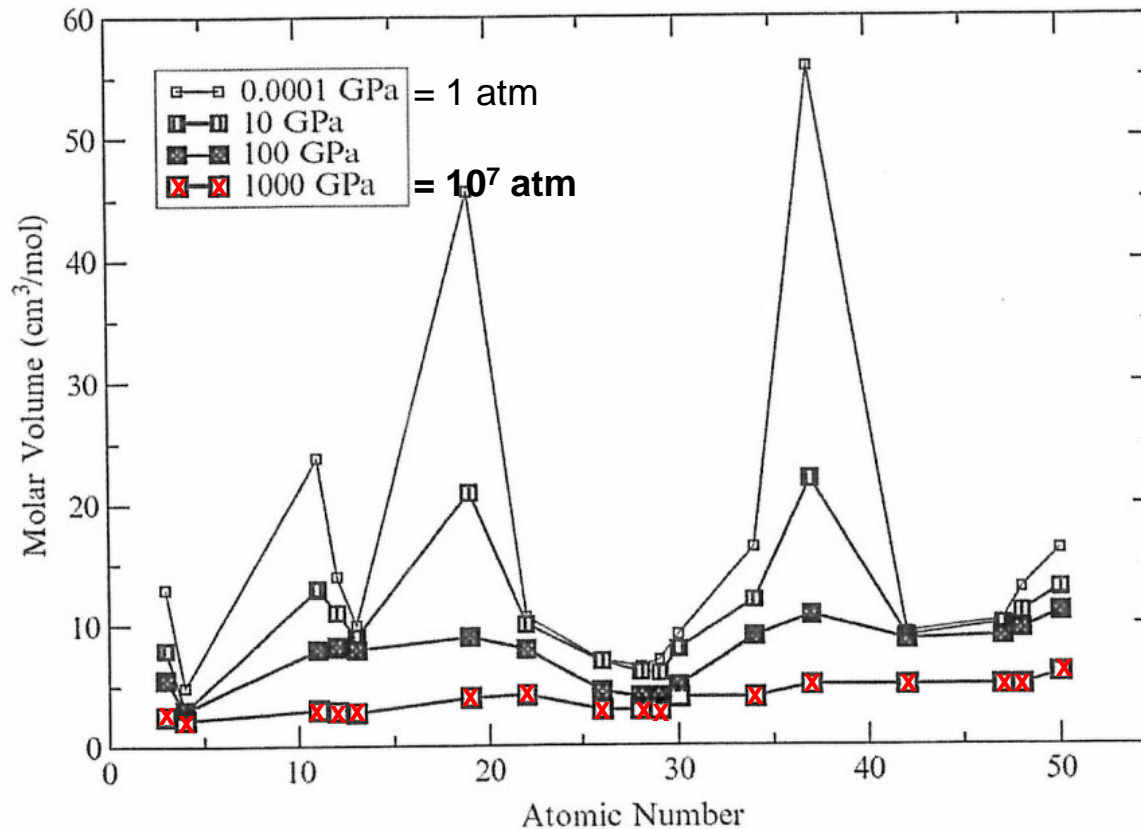
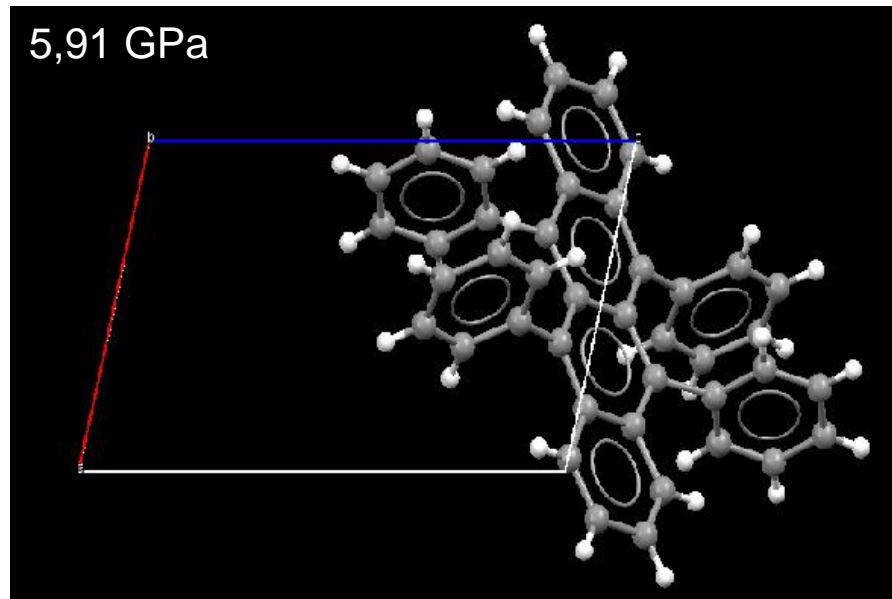


Fig 1 : Raggi atomici (espressi come volume di una mole di elemento chimico) in funzione del numero atomico e della pressione esterna applicata (da Fig. 17.1, J. S. Tse and E. V. Boldyreva, capitolo 17 nel libro *Modern Charge-Density Analysis*, C. Gatti and P. Macchi Eds, Springer, 2012)

Giove: mantello di idrogeno 10000 K 200 GPa    nucleo 36000 K 4500 GPa

# diffrazione di raggi X da sincrotrone su cristallo di rubrene



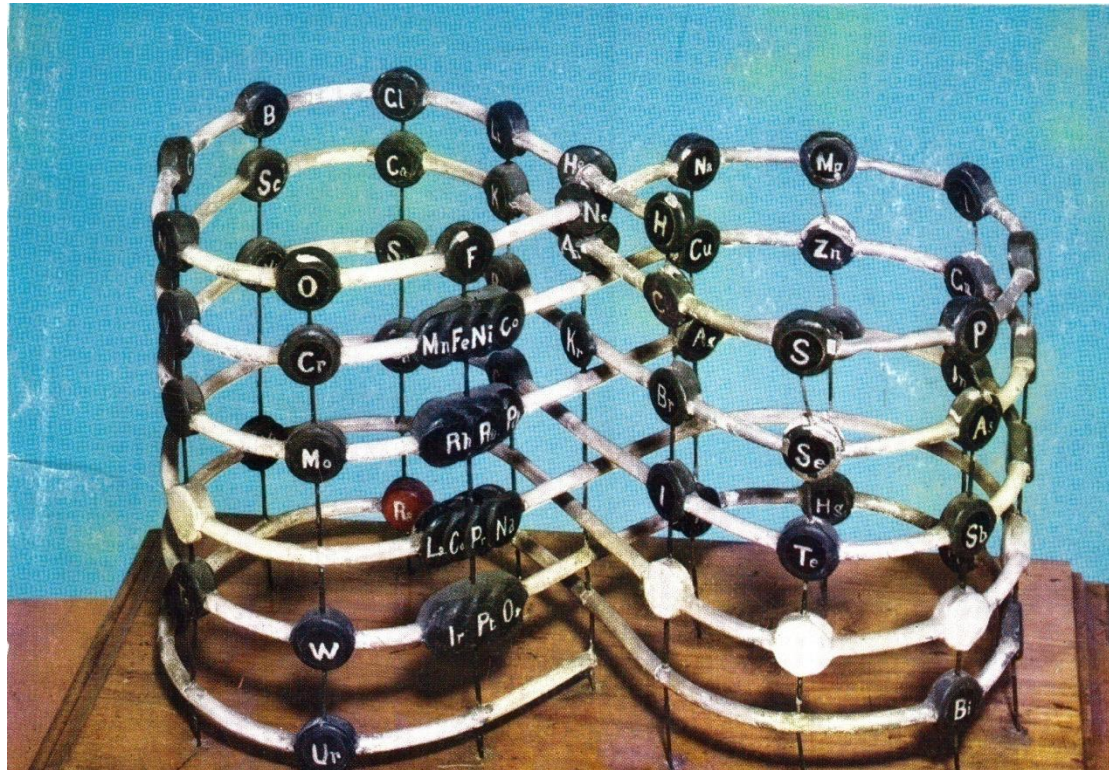
a 7.12 GPa:

variazione densità +32%

variazione volume -24%

Secondo l'astrofisico Harlow Shapley (1885-1972) la tavola periodica "è probabilmente la più compatta e significativa compilazione di conoscenza portata a termine dall'umanità"

Dal 1869 a oggi sono state prodotte ca. 1000 differenti rappresentazioni grafiche della Tavola Periodica degli Elementi (E. G. Mazurs, *Graphic Representations of the Periodic System During One Hundred Years*, University of Alabama Press, 1974)



Sistema periodico di William Crookes





Versione aggiornata della tavola periodica di Theodor Benfey (1964)



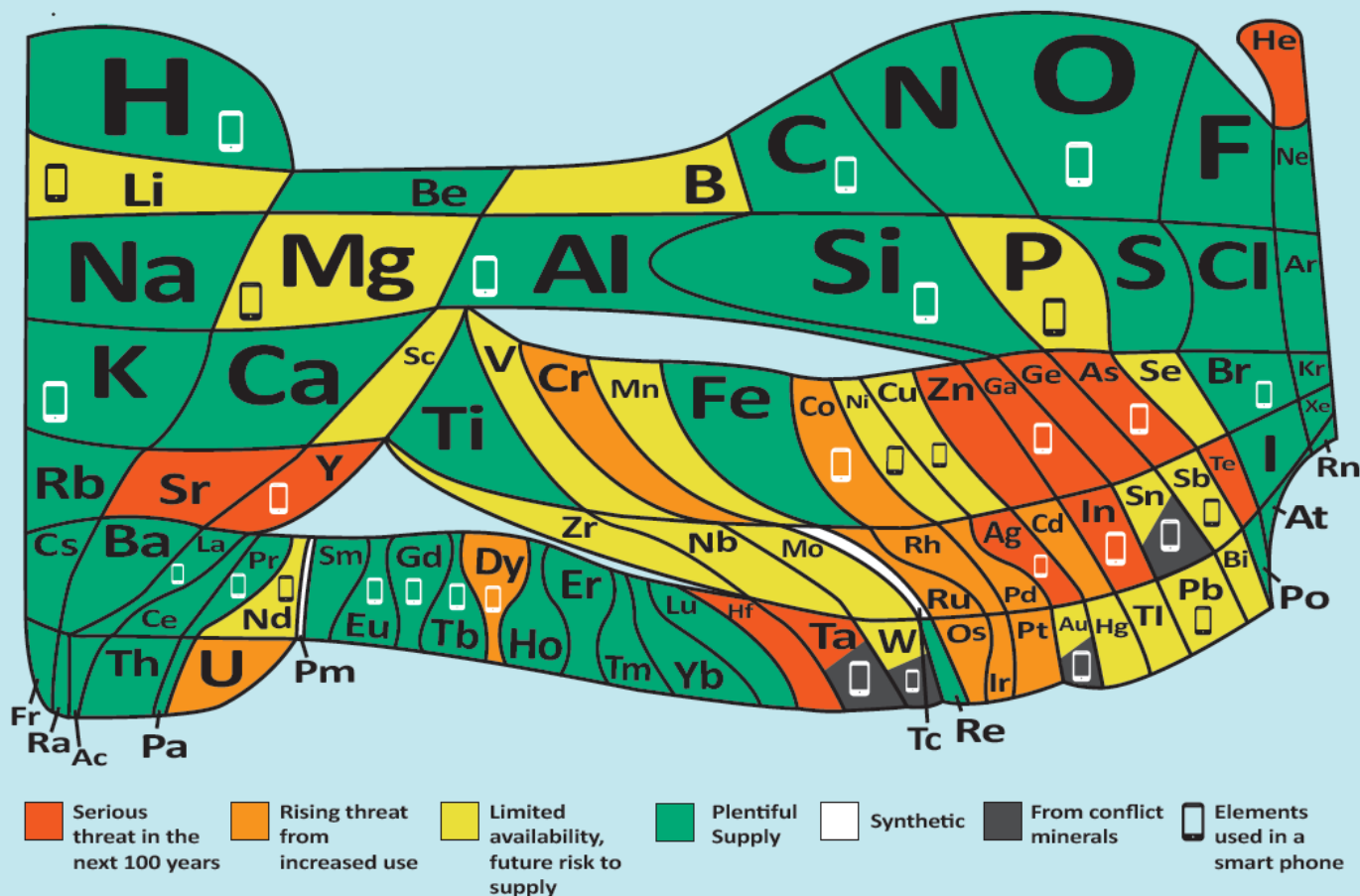
United Nations  
Educational, Scientific and  
Cultural Organization



International Year  
of the Periodic Table  
of Chemical Elements

# The 90 natural elements that make up everything

## How much is there? Is that enough?



Read more and play the video game <http://bit.ly/euchems-pt>



This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NoDerivs CC-BY-ND

**EuChemS**  
European Chemical Society

Inspired by WF Sheehan's 'A Periodic Table with Emphasis' published in Chemistry, 1976, 49, 17-18

Olimpiadi 2020 Tokyo: medaglie olimpiche dal riciclo di  $5 \times 10^6$  telefoni cellulari

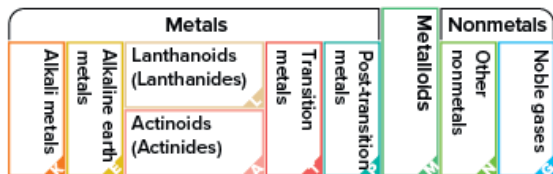
Au: 30 kg Ag: 4000 kg Bronzo: 2700 kg

# PERIODIC TABLE OF ELEMENTS

1 H Hydrogen 1.008	2 He Helium 4.0026
3 Li Lithium 6.94	4 Be Beryllium 9.0122
5 B Boron 10.81	6 C Carbon 12.011
7 N Nitrogen 14.007	8 O Oxygen 15.999
9 F Fluorine 18.998	10 Ne Neon 20.180
11 Na Sodium 22.990	12 Mg Magnesium 24.305
13 Al Aluminum 26.982	14 Si Silicon 28.085
15 P Phosphorus 30.974	16 S Sulfur 32.06
17 Cl Chlorine 35.45	18 Ar Argon 39.948
19 K Potassium 39.098	20 Ca Calcium 40.078
21 Sc Scandium 44.956	22 Ti Titanium 47.867
23 V Vanadium 50.942	24 Cr Chromium 51.996
25 Mn Manganese 54.938	26 Fe Iron 55.845
27 Co Cobalt 58.933	28 Ni Nickel 58.693
29 Cu Copper 63.546	30 Zn Zinc 65.36
31 Ga Gallium 69.723	32 Ge Germanium 72.630
33 As Arsenic 74.922	34 Se Selenium 78.971
35 Br Bromine 79.904	36 Kr Krypton 83.798
37 Rb Rubidium 85.468	38 Sr Strontium 87.62
39 Y Yttrium 88.906	40 Zr Zirconium 91.224
41 Nb Niobium 92.906	42 Mo Molybdenum 95.94
43 Tc Technetium (98)	44 Ru Ruthenium 101.07
45 Rh Rhodium 102.91	46 Pd Palladium 106.42
47 Ag Silver 107.87	48 Cd Cadmium 112.41
49 In Indium 114.82	50 Sn Tin 118.71
51 Sb Antimony 121.75	52 Te Tellurium 127.60
53 I Iodine 126.90	54 Xe Xenon 131.29
55 Cs Cesium 132.91	56 Ba Barium 137.33
57 La Lanthanum 138.91	58 Ce Cerium 140.12
59 Pr Praseodymium 140.91	60 Nd Neodymium 144.24
61 Pm Promethium (145)	62 Sm Samarium 150.36
63 Eu Europium 151.96	64 Gd Gadolinium 157.25
65 Tb Terbium 158.93	66 Dy Dysprosium 162.50
67 Ho Holmium 164.93	68 Er Erbium 167.26
69 Tm Thulium 168.93	70 Yb Ytterbium 173.05
71 Lu Lutetium 174.97	72 Hf Hafnium 178.49
73 Ta Tantalum 180.95	74 W Tungsten 183.84
75 Re Rhenium 186.21	76 Os Osmium 190.23
77 Ir Iridium 192.22	78 Pt Platinum 195.08
79 Au Gold 196.97	80 Hg Mercury 200.59
81 Tl Thallium 204.38	82 Pb Lead 207.2
83 Bi Bismuth 208.98	84 Po Polonium (209)
85 At Astatine (210)	86 Rn Radon (222)
87 Fr Francium (223)	88 Ra Radium (226)
89 Ac Actinium (227)	90 Th Thorium 232.04
91 Pa Protactinium 231.04	92 U Uranium 238.03
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)	104 Rf Rutherfordium (261)
105 Db Dubnium (268)	106 Sg Seaborgium (269)
107 Bh Bohrium (270)	108 Hs Hassium (277)
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 (290)	116 Lv Livermorium (293)
117 Ts Tennessine (294)	118 Og Oganesson (294)

Ptable.com

For elements with no stable isotopes, the mass number of the isotope with the longest half-life is in parentheses.

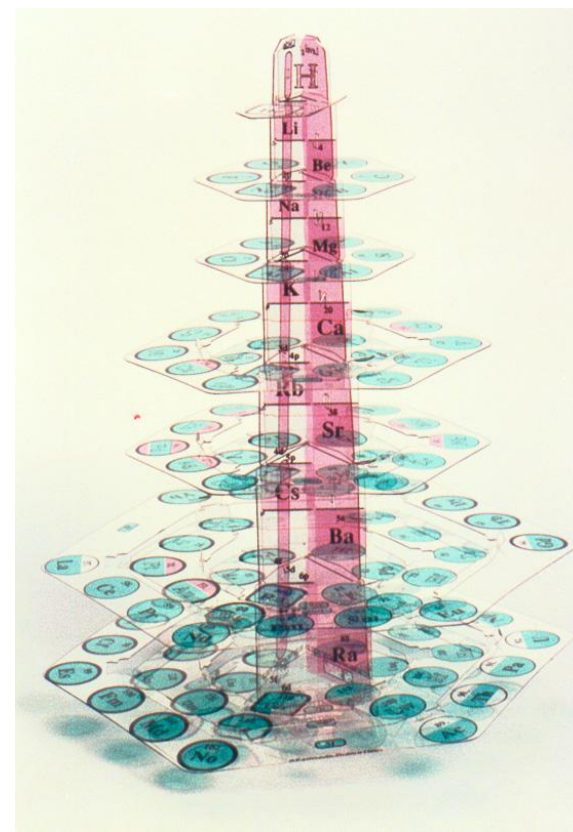
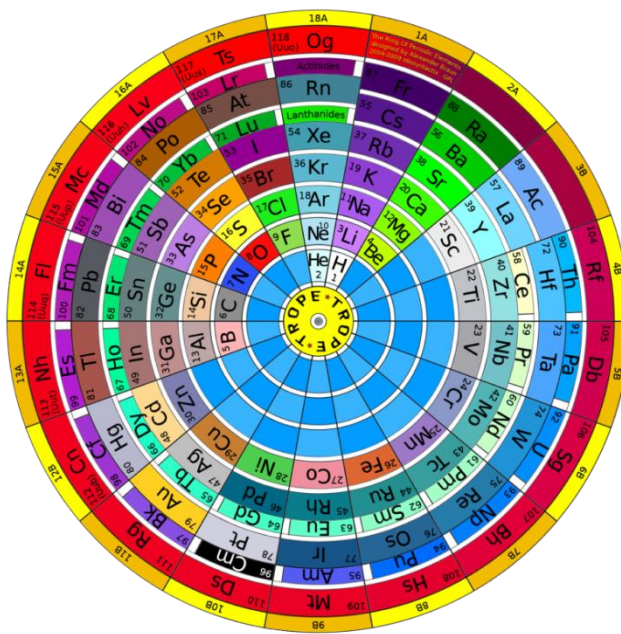
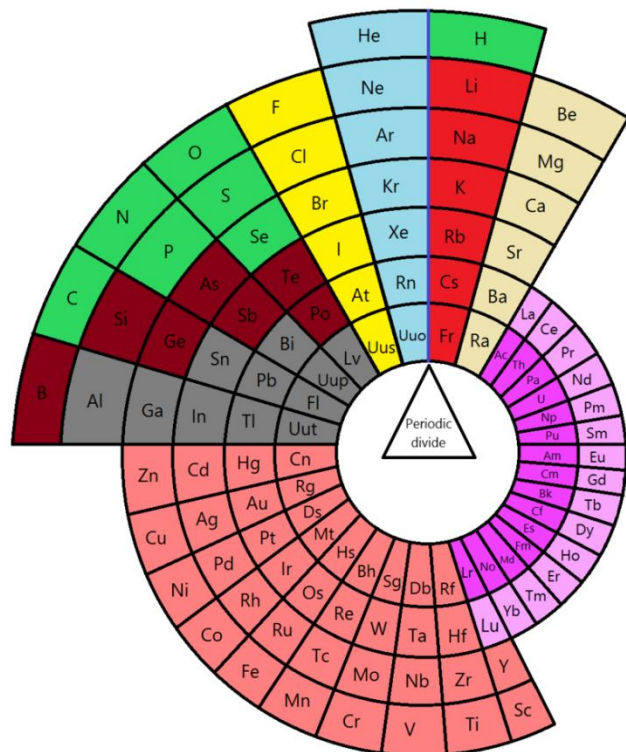


C Solid Hg Liquid H Gas Rf Unknown

3 Sc Scandium 44.956	4 Ti Titanium 47.867	5 V Vanadium 50.942	6 Cr Chromium 51.996	7 Mn Manganese 54.938	8 Fe Iron 55.845	9 Co Cobalt 58.933	10 Ni Nickel 58.693	11 Cu Copper 63.546	12 Zn Zinc 65.36
13 Al Aluminum 26.982	14 Si Silicon 28.085	15 P Phosphorus 30.974	16 S Sulfur 32.06	17 Cl Chlorine 35.45	18 Ar Argon 39.948	19 K Potassium 39.098	20 Ca Calcium 40.078	21 Sc Scandium 44.956	22 Ti Titanium 47.867
23 V Vanadium 50.942	24 Cr Chromium 51.996	25 Mn Manganese 54.938	26 Fe Iron 55.845	27 Co Cobalt 58.933	28 Ni Nickel 58.693	29 Cu Copper 63.546	30 Zn Zinc 65.36	31 Ga Gallium 69.723	32 Ge Germanium 72.630
33 As Arsenic 74.922	34 Se Selenium 78.971	35 Br Bromine 79.904	36 Kr Krypton 83.798	37 Rb Rubidium 85.468	38 Sr Strontium 87.62	39 Y Yttrium 88.906	40 Zr Zirconium 91.224	41 Nb Niobium 92.906	42 Mo Molybdenum 95.94
43 Tc Technetium (98)	44 Ru Ruthenium 101.07	45 Rh Rhodium 102.91	46 Pd Palladium 106.42	47 Ag Silver 107.87	48 Cd Cadmium 112.41	49 In Indium 114.82	50 Sn Tin 118.71	51 Sb Antimony 121.75	52 Te Tellurium 127.60
53 I Iodine 126.90	54 Xe Xenon 131.29	55 Cs Cesium 132.91	56 Ba Barium 137.33	57 La Lanthanum 138.91	58 Ce Cerium 140.12	59 Pr Praseodymium 140.91	60 Nd Neodymium 144.24	61 Pm Promethium (145)	62 Sm Samarium 150.36
63 Eu Europium 151.96	64 Gd Gadolinium 157.25	65 Tb Terbium 158.93	66 Dy Dysprosium 162.50	67 Ho Holmium 164.93	68 Er Erbium 167.26	69 Tm Thulium 168.93	70 Yb Ytterbium 173.05	71 Lu Lutetium 174.97	72 Hf Hafnium 178.49
73 Ta Tantalum 180.95	74 W Tungsten 183.84	75 Re Rhenium 186.21	76 Os Osmium 190.23	77 Ir Iridium 192.22	78 Pt Platinum 195.08	79 Au Gold 196.97	80 Hg Mercury 200.59	81 Tl Thallium 204.38	82 Pb Lead 207.2
83 Bi Bismuth 208.98	84 Po Polonium (209)	85 At Astatine (210)	86 Rn Radon (222)	87 Fr Francium (223)	88 Ra Radium (226)	89 Ac Actinium (227)	90 Th Thorium 232.04	91 Pa Protactinium 231.04	92 U Uranium 238.03
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)	104 Rf Rutherfordium (261)	105 Db Dubnium (268)	106 Sg Seaborgium (269)	107 Bh Bohrium (270)	108 Hs Hassium (277)	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 (290)	116 Lv Livermorium (293)	117 Ts Tennessine (294)	118 Og Oganesson (294)	119 Uu Ununennium (295)	120 Uu Unbinilium (296)	121 Uu Untrium (297)	122 Uu Unquadrium (298)

Image copyright © 2007 Michael Egan (michael@pangea.com). For a full list of element names, symbols, atomic numbers, and other data, see the periodic table of elements.

12/23/2017





0	I																
0 n 1.01	1 H 1.01	II	III	IV	V	VI	VII										
2 He 4.00	3 Li 6.94	4 Be 9.01	5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00										
10 Ne 20.18	11 Na 22.99	12 Mg 24.31	13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.07	17 Cl 35.45										
			III	IV	V	VI	VII	VIII B			I'	II'	III'	IV'	V'	VI'	VII'
18 Ar 39.95	19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.88	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.70	29 Cu 63.55	30 Zn 65.38	31 Ga 69.72	32 Ge 72.64	33 As 74.92	34 Se 78.96	35 Br 79.90
36 Kr 83.80	37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.94	43 Tc (98)	44 Ru 101.07	45 Rh 102.91	46 Pd 106.42	47 Ag 107.87	48 Cd 112.41	49 In 114.82	50 Sn 118.71	51 Sb 121.76	52 Te 127.60	53 I 126.90
54 Xe 131.29	55 Cs 132.91	56 Ba 137.33	57 La 138.91	58 Ce 140.12	59 Pr 140.91	60 Nd 144.24	61 Pm (145)	62 Sm 150.36	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	Lanthanide Series						
Adapted from: A Cut-out Chart of the Periodic System. Clauson, J. E. <i>J. Chem Educ.</i> 1954, 31, 550-552.  by: Riley Houston				71 Lu 174.97	70 Yb 173.04	69 Tm 168.93	68 Er 167.26	67 Ho 164.93	66 Dy 162.50	65 Tb 158.93							
				72 Hf 178.49	73 Ta 180.95	74 W 183.84	75 Re 186.21	76 Os 190.23	77 Ir 192.22	78 Pt 195.08	79 Au 196.97	80 Hg 200.59	81 Tl 204.38	82 Pb 207.2	83 Bi 208.98	84 Po (209)	
86 Rn (222)	87 Fr (223)	88 Ra (226)	89 Ac 227.03	90 Th 232.04	91 Pa 231.04	92 U 238.03	93 Np (237)	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	Actinide Series						
				103 Lr (262)	102 No (259)	101 Md (258)	100 Fm (257)	99 Es (252)	98 Cf (251)	97 Bk (247)							
118 (294)				104 Rf (261)	105 Db (262)	106 Sg (266)	107 Bh (264)	108 Hs (277)	109 Mt (268)	110 Ds (281)	111 Rg (272)	112 (285)	113 (284)	114 (289)	115 (288)	116 (292)	

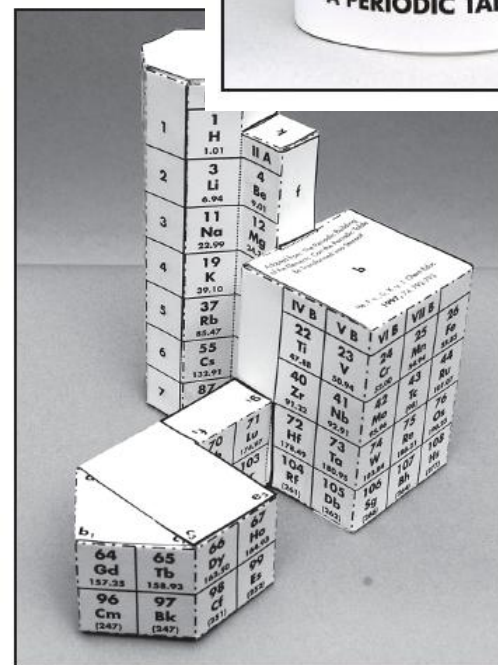
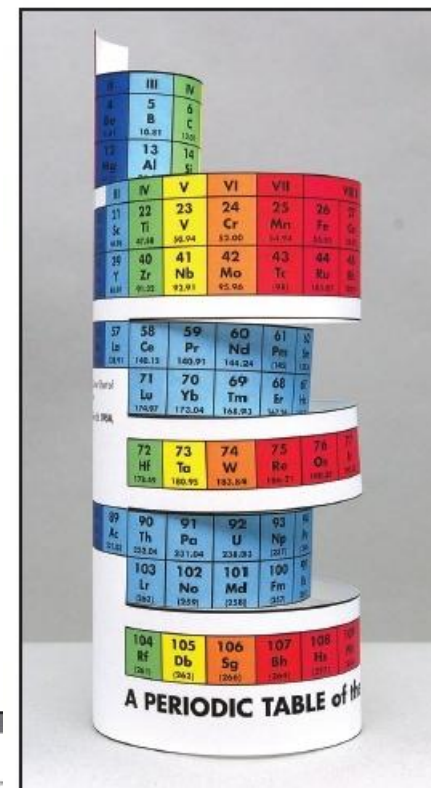
A Cut-Out Chart of the Periodic System  
(Periodic Table Cylinder) 8.5 x 11 inches

A PERIODIC TABLE of the ELEMENTS

A Cut-Out Chart of the Periodic System  
(Periodic Table Cylinder)  
J. Chem. Educ. 2009, 86, 1151

Supplement to:  
Periodic Table Presentations and Inspi  
by Mary E. Saecker, J. Chem. Educ. 2001

**A Cut-Out Chart of the Periodic System  
 (Periodic Table Cylinder) 8.5 x 11 inches**





Nearly 140 years after the periodic table was introduced, new elements are still being discovered, including one just last week. Numerous redesigns of the table have been proposed: arranging it in triangles, diamonds, spirals, parallel planes and even 3D models. But none have gained the popularity of the traditional table. The most common rearrange-

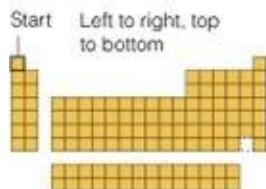
ment, a spiral, tries to illustrate hydrogen's relationship to multiple elements and to integrate a block of elements known as lanthanons and actinons. The design below, by Jeff Moran of Woodstock, N.Y., serves as the basis of an interactive Web-based program that allows users to explore the elements and their interplay. DAVID CONSTANTINE

#### TABLE VS. SPIRAL

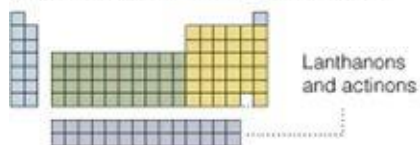
Both are organized by each element's atomic number and into three groupings called blocks, groups and periods.

**In the periodic table,** one square equals one element.

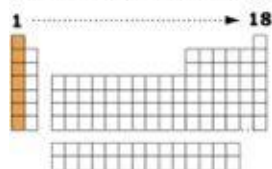
#### Reading order



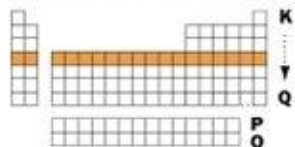
**Blocks** 4 groupings (colors) by elements' outermost electron shell configuration.



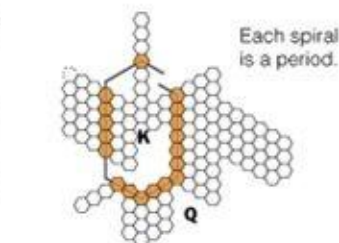
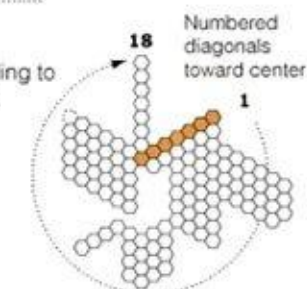
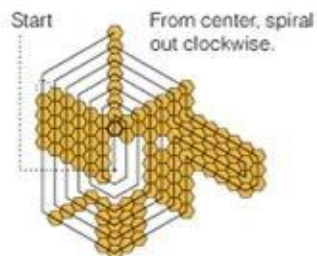
**Groups** 18 groupings according to elements' chemical reactivity.



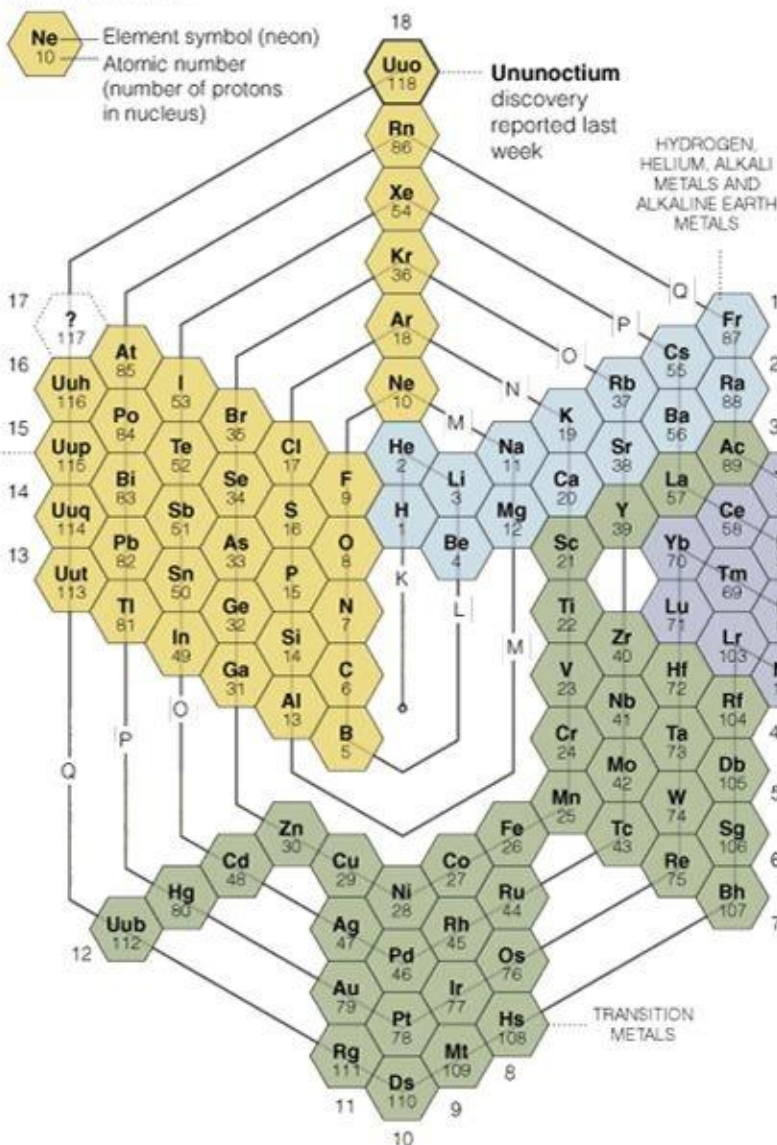
**Periods** 7 groupings (K-Q) of elements with the same number of electron shells



**In the periodic spiral,** one hexagon equals one element.



#### THE PERIODIC SPIRAL



#### EARLY SPIRAL DESIGNS



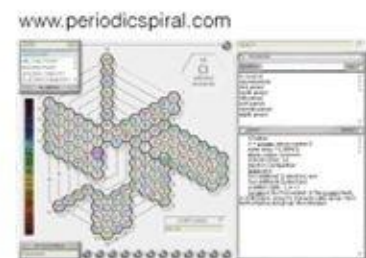
Edgar Longman, 1951

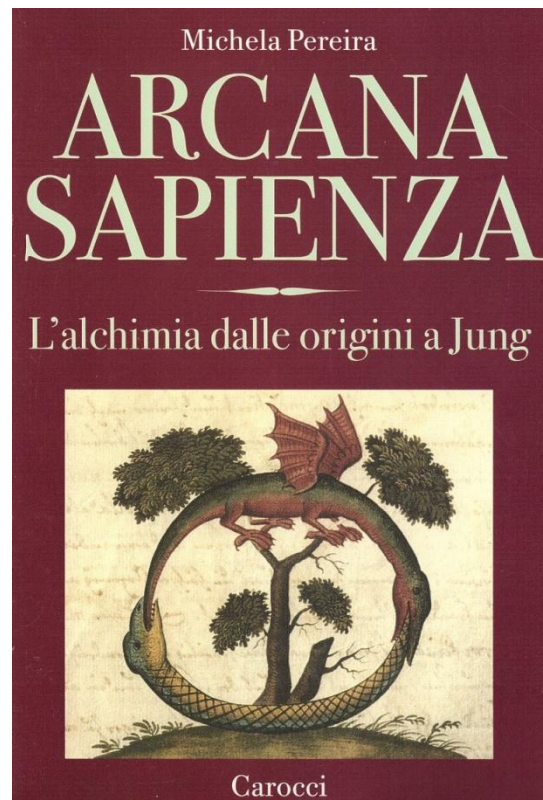
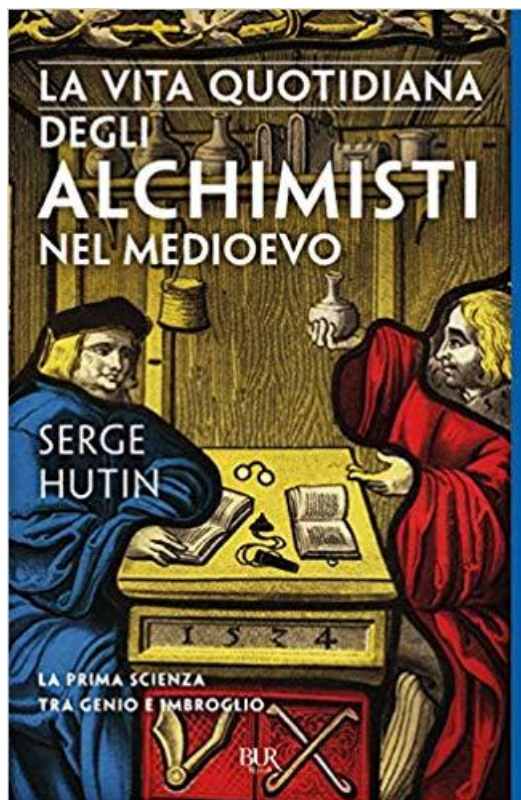


O. Theodor Benfey, 1960



LANTHANONS AND ACTINONS







C6N7O8

Carbonio

Azoto

Ossigeno

Si14P15S16Cl17Ar18

Silicio

Fosforo

Zolfo

Cloro

Argon

Ge32

Germanio

Sn50Sb51Te52I53Xe54

Stagno

Antimonio

Tellurio

Iodio

Xeno

Po84At85Rn86

Polonio

Astato

Radon

THEODORE GRAY

Fotografie di Theodore Gray e Nick Mann

Rizzoli

“Questo fantastico libro è più di una guida agli elementi chimici, è un volume che vi farà conoscere tutti i segreti delle sostanze di cui è fatto il nostro mondo.” Oliver Sacks

Alla scoperta degli atomi dell'universo

22

Titanio

TRA GLI ELEMENTI, IL TITANIO è uno dei più nobili. Il suo nome viene associato a migliaia di prodotti, indipendentemente dal fatto che contengano titanio o meno. Se aveste una mazza da golf con la punta "TITANUS" stampata in modo evidente sulla parte in metallo, pensateci due volte prima di concludere che sia davvero fatta di titanio. Alcune lo sono, altre no. Un modo facile per scoprirlo è "saggiare" la mazza con una mola se non vedete le caratteristiche scintille bianche del titanio autentico, allora non avete danneggiato niente di prezioso. Il titanio è superiore di forza, ma nel nome (dal Titani della mitologia greca), sia nei fatti (per la sua resistenza è usato nei motori dei jet, in alcuni aerei e nei razzi) è anche del tutto resistente allo ruggine e non provoca allergia, al punto che il suo uso più comune è all'interno del corpo sotto forma di protesi per l'anca, impianti dentari e gioielli (per esempio piercing alla lingua, alle sopracciglia, e altri montati in voga presso le adolescenti). Benché il titanio metallico sia costoso, il suo minerale è piuttosto abbondante: il cotto-creta deriva infatti non dalla scarsità, ma dalla difficoltà di raffinamento. Il biossido di titanio (TiO<sub>2</sub>) è ovunque. È il bianco della pittura bianca, e conferisce opacità a tutti gli altri colori di vernice, evitando che si possa vedere ciò che c'è sotto. Persino la carta di questo libro contiene biossido di titanio, per evitare che lo stampo di una lettera si possa vedere in trasparenza su quella successiva. Dai missili ai rasi, il titanio è un componente celebre. E deve essere forte di grande invidia per il suo vicino, il vanadio, che lavora nell'arricchimento anche quando concorre a creare una lega di durezza molto maggiore di quelle del titanio.

Un anello modellato dall'autore da una lastra di cristallo di titanio puro al 99,999%.

Strati di strati di titanio, colorati, sulla lama di un rasoio elettrico.

Parti superiori di una protesi per l'anca realizzata in titanio puro.

Dall'alto a sinistra, in senso orario: una ruota foglia di un aereo, un anello e un piercing, tutti in titanio.

Un motore in titanio, dalla parte interna di un piccolo motore a reazione.

Due mazze da golf, una di vero titanio e una falsa. Se non 6006 è una lega standard dell'alluminio.

16

Zolfo

IL ZOLFO È PUZZOLENTO: puzza in polvere, puzza come cristallo solido o quando brucia. È impermeabile che molto cattivo lo abbiamo eletto a protagonista del progetto interno (il nostro nome inglese dello zolfo è brimstone, pietra dell'orba, perché si trova sull'orlo dei crateri dei vulcani). Molti suoi composti sono ugualmente spazzanti, prima tra tutti l'acido solfidrico (H<sub>2</sub>S), che odora di uova marce. I composti dello zolfo rilasciati dalla combustione di carbone, petrolio e gasolio sono tra i principali responsabili dello smog cittadino, oggi è obbligatorio filtrarli dai combustibili fossili. Lo zolfo è anche uno dei tre ingredienti di base della polvere da sparo, e quindi ha sulle spalle la responsabilità delle rovine di milioni di persone.

C'è qualcosa di positivo da dire? Lo zolfo è molto utile. L'industria chimica ne produce e consuma grandi quantità, soprattutto in forma di acido solfidrico, fondamentale in numerosi processi industriali. Nei negozi di giardinaggio potete comprare sacchi di zolfo polveroso in polvere, per modificare il pH del terreno. Per qualche ragione lo zolfo è generalmente considerato un materiale "organico". Contrappeso alle nomenclature alternative "chimiche" benché ritenga da una nomenclatura discutibile. Lo zolfo puzza, ma si può maneggiare in grandi quantità senza pericolo. Viceversa il cionio ha basse concentrazioni ha un odore quasi gradevole, che ci ricorda il piacere della pizze, ma se ne giro ce n'è più di un paradosso, non ammettete.

Lo zolfo, in questa forma, giace da un apparecchio che taglia l'amido solforoso, molto, dalle reazioni delle centrali a carbone.

Un tempo la penicillina (C<sub>16</sub>H<sub>18</sub>N<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) si era così rara che veniva raccolta dall'urina dei pecoretti per raffinarla. Ora viene lavorata da 500 tonnellate per essere i nostri amici. L'olio.

In natura, lo zolfo si presenta in forma quasi pura (ottenuto si riduce alle sorgenti geotermiche).

Elementare

Peso atomico

47,867

Densità

4,507

Raggio atomico

176 pm

Struttura cristallina

Scala di temperatura degli isotopi del titanio

Scala di temperatura degli isotopi del titanio

Scala di temperatura degli isotopi del titanio

Elementare

Peso atomico

32,065

Densità

1,960

Raggio atomico

88 pm

Struttura cristallina

Scala di temperatura degli isotopi dello zolfo

Scala di temperatura degli isotopi dello zolfo

Scala di temperatura degli isotopi dello zolfo

47



FOSCA CONTI ELGER  
BARBARA FRESCH



# LA BANDA dei CHIMICI

Illustrazioni di  
Maria Giovanna Lanfranchi

clap

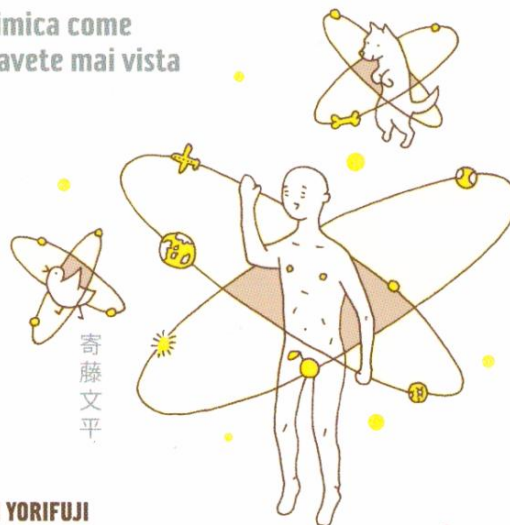
**TAVOLA PERIODICA DEGLI ELEMENTI**

Metalli alcalini, Metalli alcalino-terrosi, Metalli del blocco d, Metalli del blocco p, Lantanidi e Attinidi, Semimetalli, Non metalli, Alogeni, Gas nobili

F. Conti Elger e B. Fresch, *La banda dei chimici*. Illustrazioni di M.G. Lanfranchi

## La meravigliosa vita degli elementi

La chimica come  
non l'avete mai vista



BUNPEI YORIFUJI

VALLARD

6

炭素  
Carbon

12.01

2

14 碳

C

A friend  
from ancient  
times

Charcoal

In  
calligraphy  
ink

炭

The carbon  
family



Multipurpose  
Appears in  
many different  
forms

Water  
purification



Activated  
charcoal



Air  
purification

IT MAKES UP EVERY  
LIVING THING.

[Kārbon]  
DISCOVERY YEAR: ANCIENT

It's the building block for all life and sources of food. One could argue that the food chain should instead be called something like "the carbon tug-of-war." Carbohydrates, proteins, and all the other nutrients that we require are all made up of carbon compounds. The same is also true for our cells, DNA, and the plants we feed on. (Although they create their carbohydrates from carbon dioxide through a process called



GRANDANGOLO

# BOYLE

LA CHIMICA  
COME SCIENZA ESATTA

GRANDANGOLO

# LAVOISIER

NASCE LA CHIMICA MODERNA

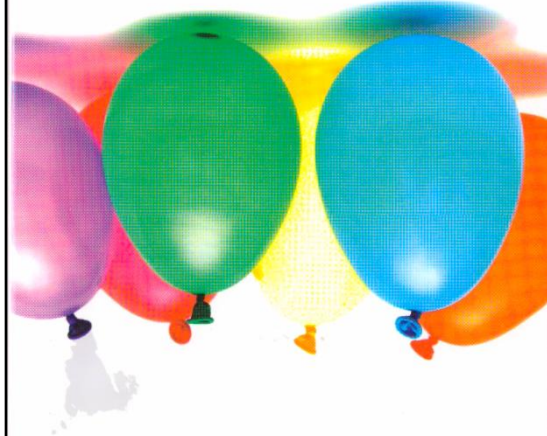
GRANDANGOLO

# MENDELEEV

LA TAVOLA PERIODICA  
DEGLI ELEMENTI

## Peter Atkins Il Regno periodico

Viaggio nel mondo degli elementi chimici



CHIAVI DI LETTURA **ZANICHELLI**

CORRIERE DELLA SERA

CORRIERE DELLA SERA

## La signora dei mondi invisibili

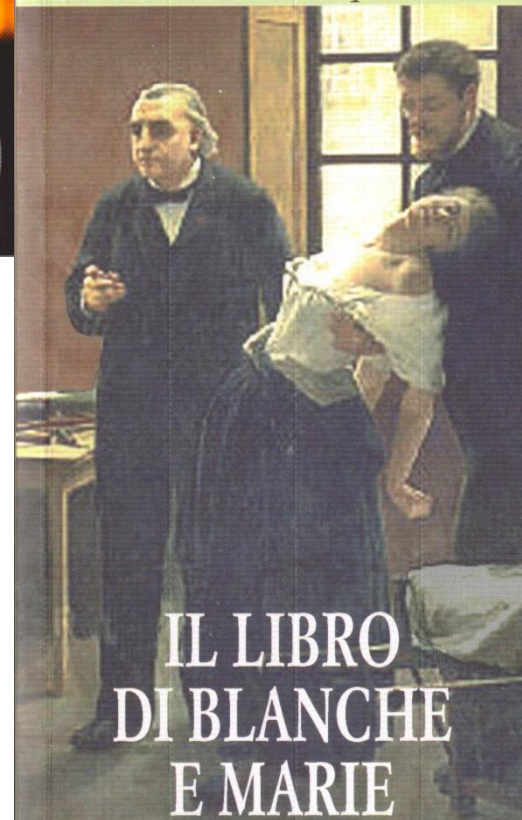


MICROSCOPI



HOEPLI

Per Olov Enquist



## IL LIBRO DI BLANCHE E MARIE

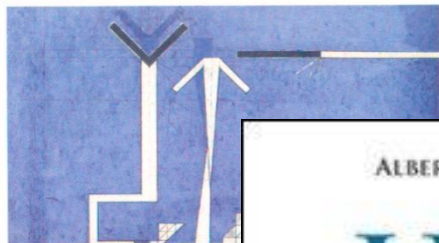


Primo Levi  
Il sistema periodico

«Tutto in questo libro  
è essenziale,  
meravigliosamente puro...»  
Saul Bellow

ET

Einaudi



ALBERTO CAVALIERE

H<sub>2</sub>O

CHIMICA IN VERSI



MURSIA

HUGH ALDERSEY-WILLIAMS

FAVOLE PERIODICHE



BUR

Adriano Zecchina  
Alchimie nell'arte

La chimica e l'evoluzione della pittura



Biblioteca Scientifica 51

Sam Kean

IL CUCCHIAINO  
SCOMPARSO

e altre storie della tavola periodica degli elementi



ADELPHI

DI LETTURA ZANICHELLI

Penny Le Couteur e Jay Burreson

«Un libro che sa intrecciare  
brillantemente  
chimica e cultura.  
L'ho trovato appassionante  
e piacevolissimo  
da leggere.»

Oliver Sacks



# *i* BOTTONI *di* NAPOLEONE



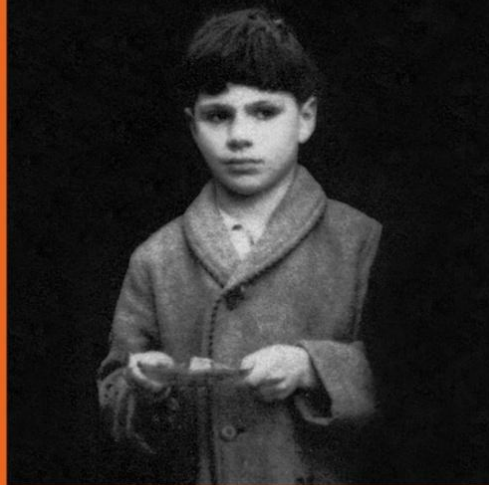
Come 17 molecole  
hanno cambiato la storia

TEA

GLI ADELPHI

*Oliver Sacks*

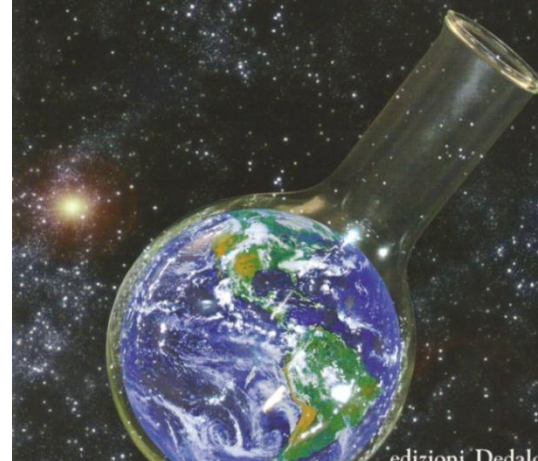
## Zio Tungsteno



Steve Miller

## La chimica del cosmo

Dall'idrogeno alle strutture complesse della vita

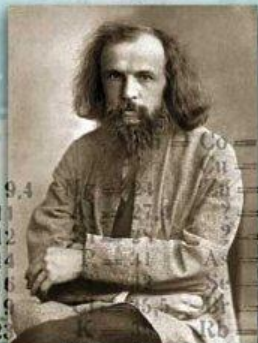


edizioni Dedalo



# MENDELEEV on the PERIODIC LAW

Selected Writings, 1869–1905



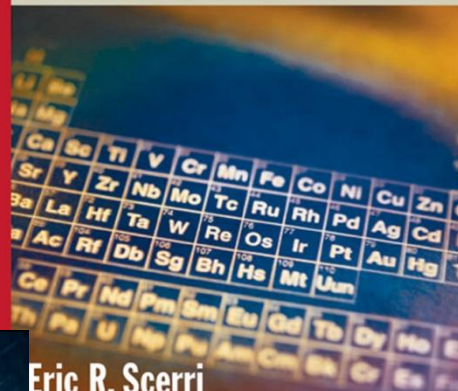
Be = 9,4	Ca = 40	Sr = 87,6	Pd = 59	Ag = 63,4	Cd = 65,2	Ur = 68	Sn = 70	Sb = 75	Te = 79,4	J = 80	Cs = 85,4	Ba = 87,6
B = 10												
C = 12												
N = 14												
O = 16												
F = 19												
Na = 23												

Selected and Edited by William B. Jensen

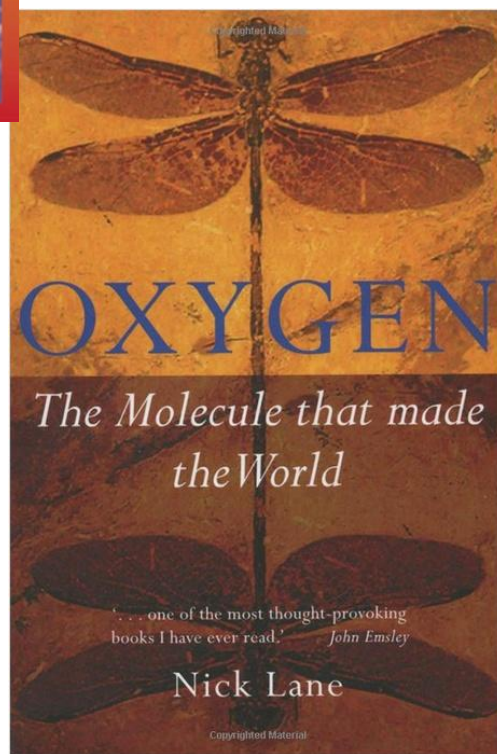
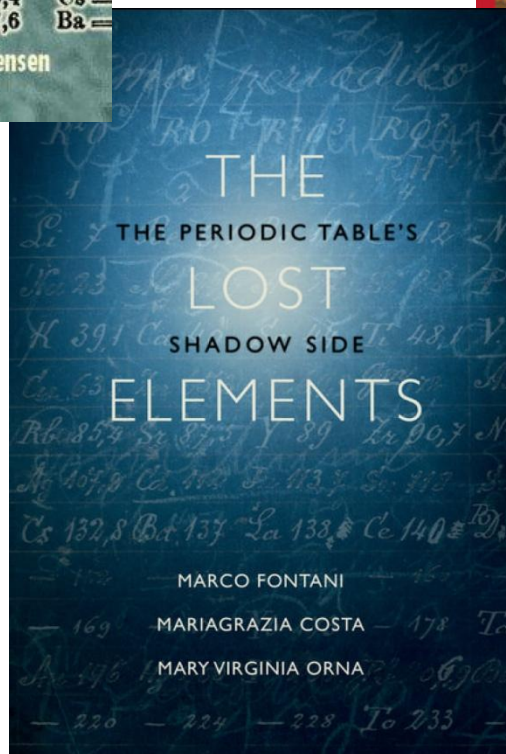
# The Periodic Table



Its Story and Its Significance

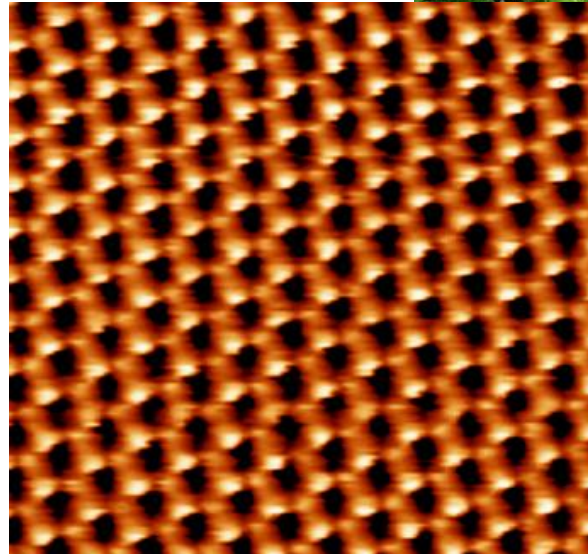
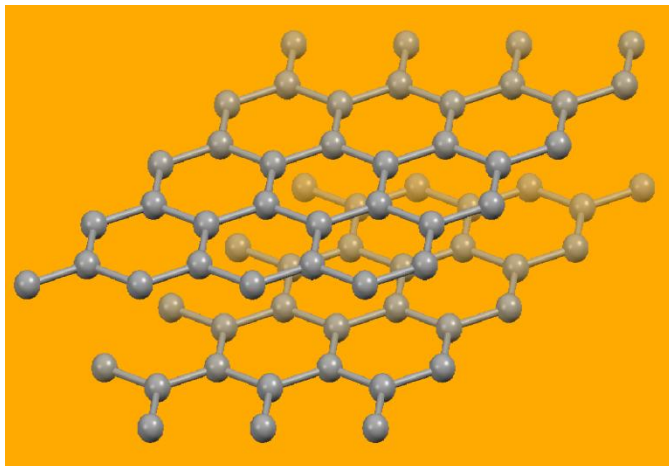
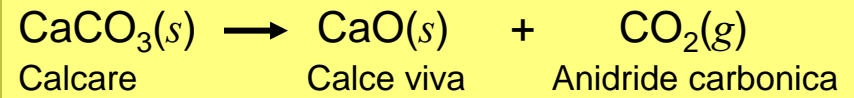
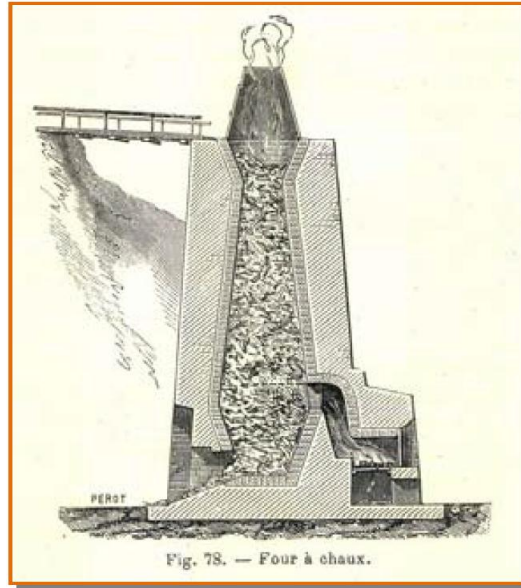


Eric R. Scerri





## Lettura: Il carbonio (P. Levi)



Struttura superficiale della grafite "vista" con microscopia a effetto tunnel (M.Moret ca. 1992)

Tagliare lungo la linea eliminando la cornice esterna

# IUPAC Periodic Table of the Elements

IUPAC Periodic Table of the Elements																	18
1 H hydrogen 1.008 [1.0078, 1.0082]													2 He helium 4.0026				
3 Li lithium 6.94 [6.938, 6.997]	4 Be beryllium 9.0122											13 B boron 10.81 [10.806, 10.821]	14 C carbon 12.011 [12.009, 12.012]	15 N nitrogen 14.007 [14.006, 14.008]	16 O oxygen 15.999 [15.999, 16.000]	17 F fluorine 18.998 [18.998, 19.003]	10 Ne neon 20.180
11 Na sodium 22.990	12 Mg magnesium 24.305 [24.304, 24.307]	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 Al aluminium 26.982	14 Si silicon 28.085 [28.084, 28.086]	15 P phosphorus 30.974	16 S sulfur 32.06 [32.059, 32.076]	17 Cl chlorine 35.45 [35.446, 35.453]	18 Ar argon 39.948
19 K potassium 39.098	20 Ca calcium 40.078(4)	21 Sc scandium 44.956	22 Ti titanium 47.867	23 V vanadium 50.942	24 Cr chromium 51.996	25 Mn manganese 54.938	26 Fe iron 55.845(2)	27 Co cobalt 58.933	28 Ni nickel 58.693	29 Cu copper 63.546(3)	30 Zn zinc 65.38(2)	31 Ga gallium 69.723	32 Ge germanium 72.630(8)	33 As arsenic 74.922	34 Se selenium 78.971(8)	35 Br bromine 79.904 [79.901, 79.907]	36 Kr krypton 83.798(2)
37 Rb rubidium 85.468	38 Sr strontium 87.62	39 Y yttrium 88.906	40 Zr zirconium 91.224(2)	41 Nb niobium 92.906	42 Mo molybdenum 95.95	43 Tc technetium [98.906, 98.907]	44 Ru ruthenium 101.07(2)	45 Rh rhodium 102.91	46 Pd palladium 106.42	47 Ag silver 107.87	48 Cd cadmium 112.41	49 In indium 114.82	50 Sn tin 118.71	51 Sb antimony 121.76	52 Te tellurium 127.60(3)	53 I iodine 126.905 [126.904, 126.906]	54 Xe xenon 131.29
55 Cs caesium 132.91	56 Ba barium 137.33	57-71 lanthanoids	72 Hf hafnium 178.49(2)	73 Ta tantalum 180.95	74 W tungsten 183.84	75 Re rhenium 186.21	76 Os osmium 190.23(3)	77 Ir iridium 192.22	78 Pt platinum 195.08	79 Au gold 196.97	80 Hg mercury 200.59	81 Tl thallium 204.38 [204.38, 204.39]	82 Pb lead 207.2	83 Bi bismuth 208.98	84 Po polonium [209, 209.98]	85 At astatine [210, 210.98]	86 Rn radon [222, 222.0176]
87 Fr francium [223, 223.0185]	88 Ra radium [226, 226.0254]	89-103 actinoids	104 Rf rutherfordium [261, 261.102]	105 Db dubnium [262, 262.1088]	106 Sg seaborgium [266, 266.1088]	107 Bh bohrium [264, 264.1092]	108 Hs hassium [277, 277.1032]	109 Mt meitnerium [268, 268.1055]	110 Ds darmstadtium [271, 271.1037]	111 Rg roentgenium [272, 272.1032]	112 Cn copernicium [285, 285.1032]	113 Nh nihonium [284, 284.1032]	114 Fl flerovium [289, 289.1032]	115 Mc moscovium [288, 288.1032]	116 Lv livermorium [293, 293.1032]	117 Ts tennessine [289, 289.1032]	118 Og oganesson [294, 294.1032]

Incollare il bordo destro sotto il margine sinistro ponendo He e Rn prima di Li e Fr

## *Un chimico, Fabrizio De Andrè (1971, Non al denaro non all'amore nè al cielo)*

*Solo la morte m'ha portato in collina  
un corpo fra i tanti a dar fosforo all'aria  
per bivacchi di fuochi che dicono fatui  
che non lasciano cenere, non sciolgon la brina.  
Solo la morte m'ha portato in collina.*

*Da chimico un giorno avevo il potere  
di sposare gli elementi e di farli reagire,  
ma gli uomini mai mi riuscì di capire  
perché si combinassero attraverso l'amore.  
Affidando ad un gioco la gioia e il dolore.*

*Guardate il sorriso guardate il colore  
come giocan sul viso di chi cerca l'amore:  
ma lo stesso sorriso lo stesso colore  
dove sono sul viso di chi ha avuto l'amore.  
Dove sono sul viso di chi ha avuto l'amore.*

*È strano andarsene senza soffrire,  
senza un volto di donna da dover ricordare.  
Ma è forse diverso il vostro morire  
voi che uscite all'amore che cedete all'aprile.  
Cosa c'è di diverso nel vostro morire.*

*Primavera non bussa lei entra sicura  
come il fumo lei penetra in ogni fessura  
ha le labbra di carne i capelli di grano  
che paura, che voglia che ti prenda per mano.  
Che paura, che voglia che ti porti lontano.*

*Ma guardate l'idrogeno tacere nel mare  
guardate l'ossigeno al suo fianco dormire:  
soltanto una legge che io riesco a capire  
ha potuto sposarli senza farli scoppiare.  
Soltanto la legge che io riesco a capire.*

*Fui chimico e, no, non mi volli sposare.  
Non sapevo con chi e chi avrei generato:  
Son morto in un esperimento sbagliato  
proprio come gli idioti che muoion d'amore.  
E qualcuno dirà che c'è un modo migliore.*

## *Trainor il farmacista, E. L. Masters (1915, Antologia di Spoon River)*

*Soltanto un chimico può dire, e non sempre  
che cosa uscirà dalla combinazione  
di fluidi o di solidi.*

*E chi può dire  
come uomini e donne reagiranno  
fra loro, e quali bambini nasceranno?  
C'erano Benjamin Pantier e sua moglie,  
buoni in se stessi, ma cattivi l'un l'altro:  
ossigeno lui, lei idrogeno,  
il figlio un fuoco devastatore.  
Io, Trainor, il farmacista, mescolatore di  
elementi chimici,  
morto mentre facevo un esperimento,  
vissi senza sposarmi.*

<https://iupac.org/united-nations-proclaims-international-year-periodic-table-chemical-elements/>

## The United Nations Proclaims the International Year of the Periodic Table of Chemical Elements

On 20 December 2017, the United Nations (UN) General Assembly has proclaimed 2019 as the International Year of the Periodic Table of Chemical Elements (IYPT 2019). In proclaiming an International Year focusing on the Periodic Table of Chemical Elements and its applications, the United Nations has recognized the importance of raising global awareness of how chemistry promotes sustainable development and provides solutions to global challenges in energy, education, agriculture and health. Indeed, the resolution was adopted as part of a more general Agenda item on Science and technology for development.

The development of the Periodic Table of the Elements is one of the most significant achievements in science and a uniting scientific concept, with broad implications in **Astronomy, Chemistry, Physics, Biology and other natural sciences**. The International Year of the Periodic Table of Chemical Elements in 2019 will coincide with the 150th anniversary of the discovery of the Periodic System by Dmitry Mendeleev in 1869. It is a unique tool enabling scientists to predict the appearance and properties of matter on Earth and in the Universe. Many chemical elements are crucial to enhance the value and performance of products necessary for humankind, our planet, and industrial endeavors. The four most recent elements (115-118) were fully added into the Periodic Table, with the approval of their names and symbols, on 28 November 2016.

*It is critical that the brightest young minds continue to be attracted to chemistry and physics in order to ensure the next generation of scientists, engineers, and innovators in this field. Particular areas where the Periodic Table and its understanding have had a revolutionary impact are in nuclear medicine, the study of chemical elements and compounds in space and the prediction of novel materials.*





# La temperatura di fusione

Wikipedia

Proprietà

Orbitale

Isotopi

Composti

☒ Punto di fusione

☐ Nomi

☐ Elettron

1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18	
1 H 1.008 Atomic Sim Kelvin																																		2 He	
3 Li 6.941		4 Be 9.012		87 Fr Francio (223) [Rn] 7s <sup>1</sup>		IUPAC Serie.....Alkali State at 0 K.....Solidi Punto di fusione.....300 K Punto di ebollizione.....950 K Elettronegatività.....0.7 Affinità elettronica.....Sconosciuto Valenza.....1 Energia di ionizzazione.....380 kJ/mol		Radius.....Sconosciuto Durezza.....Sconosciuto Modulus.....Sconosciuto Densità.....Sconosciuto Conductivity.....Sconosciuto Heat.....Sconosciuto Abundance.....0% Scoperto.....1939				5 B 10.81		6 C 12.011		7 N 14.007		8 O 15.999		9 F 18.998		10 Ne 20.180													
11 Na 22.990		12 Mg 24.305								13 Al 26.982		14 Si 28.086		15 P 30.974		16 S 32.06		17 Cl 35.45		18 Ar 39.948															
19 K 39.098		20 Ca 40.078		21 Sc 44.956		22 Ti 47.88		23 V 50.942		24 Cr 52.00		25 Mn 54.938		26 Fe 55.845		27 Co 58.933		28 Ni 58.69		29 Cu 63.546		30 Zn 65.38		31 Ga 69.723		32 Ge 72.64		33 As 74.922		34 Se 78.96		35 Br 79.904		36 Kr 83.80	
37 Rb 85.468		38 Sr 87.62		39 Y 88.906		40 Zr 91.224		41 Nb 92.906		42 Mo 95.94		43 Tc 98.906		44 Ru 101.07		45 Rh 102.91		46 Pd 106.37		47 Ag 107.87		48 Cd 112.41		49 In 114.82		50 Sn 118.71		51 Sb 121.76		52 Te 127.6		53 I 126.91		54 Xe 131.29	
55 Cs 132.91		56 Ba 137.33		57-71		72 Hf 178.49		73 Ta 180.95		74 W 193.0		75 Re 186.21		76 Os 190.23		77 Ir 192.22		78 Pt 195.08		79 Au 196.97		80 Hg 200.59		81 Tl 204.38		82 Pb 207.2		83 Bi 208.98		84 Po 209		85 At 210		86 Rn 222	
87 Fr 300		88 Ra 226		89-103		104 Rf 101.07		105 Db 102.06		106 Sg 106.1		107 Bh 107.1		108 Hs 108.1		109 Mt 109.1		110 Ds 110.1		111 Rg 111.1		112 Cn 112.1		113 Nh 113.1		114 Fl 114.1		115 Mc 115.1		116 Lv 116.1		117 Ts 117.1		118 Og 118.1	

Darker colors indicate an element's melting point is colder (blue) or hotter (red) than the selected temperature.

Tavola Periodica Design & Interface Copyright © 1997 Michael Davah Ptable.com Ultimo aggiornamento 16 giu 2017

57 La 138.91	58 Ce 140.12	59 Pr 140.91	60 Nd 144.24	61 Pm 144.91	62 Sm 150.36	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.93	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93	68 Er 167.26	69 Tm 168.93	70 Yb 173.05	71 Lu 174.97
89 Ac 132.91	90 Th 232.04	91 Pa 231.04	92 U 238.03	93 Np 237.05	94 Pu 244.06	95 Am 243.06	96 Cm 247.07	97 Bk 247.07	98 Cf 251.08	99 Es 252.08	100 Fm 257.10	101 Md 258.10	102 No 259.10	103 Lr 260.10



# Elementi liquidi a 25 °C

**Ptable** Demo About Contatta **Poster** Print Image Remove ads Italiano Ricerca

Wikipedia Proprietà Orbitale Isotopi Composti

☒ State at 273 K ☒ Nomi ☒ Elettroni ☐ Wide

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18				
													Pnictogens	Chalcogens	Alogeni						
1 <b>H</b> idrogeno Gas																	2 <b>He</b> Elio Gas				
3 <b>Li</b> Litio Solidi	4 <b>Be</b> Berillio Solidi															5 <b>B</b> Boro Solidi	6 <b>C</b> Carbonio Solidi	7 <b>N</b> Azoto Gas	8 <b>O</b> Ossigeno Gas	9 <b>F</b> Fluoro Gas	10 <b>Ne</b> Neon Gas
11 <b>Na</b> Sodio Solidi	12 <b>Mg</b> Magnesio Solidi															13 <b>Al</b> Alluminio Solidi	14 <b>Si</b> Silicio Solidi	15 <b>P</b> Fosforo Solidi	16 <b>S</b> Zolfo Solidi	17 <b>Cl</b> Cloro Gas	18 <b>Ar</b> Argon Gas
19 <b>K</b> Potassio Solidi	20 <b>Ca</b> Calcio Solidi	21 <b>Sc</b> Scandio Solidi	22 <b>Ti</b> Titanio Solidi	23 <b>V</b> Vanadio Solidi	24 <b>Cr</b> Cromo Solidi	25 <b>Mn</b> Manganese Solidi	26 <b>Fe</b> Ferro Solidi	27 <b>Co</b> Cobalto Solidi	28 <b>Ni</b> Nichel Solidi	29 <b>Cu</b> Rame Solidi	30 <b>Zn</b> Zinco Solidi	31 <b>Ga</b> Gallio Solidi	32 <b>Ge</b> Germanio Solidi	33 <b>As</b> Arsenico Solidi	34 <b>Se</b> Selenio Solidi	35 <b>Br</b> Bromo Liquidi	36 <b>Kr</b> Krypton Gas				
37 <b>Rb</b> Rubidio Solidi	38 <b>Sr</b> Stronzio Solidi	39 <b>Y</b> Ittrio Solidi	40 <b>Zr</b> Zirconio Solidi	41 <b>Nb</b> Niobio Solidi	42 <b>Mo</b> Molibdeno Solidi	43 <b>Tc</b> Tecnezio Solidi	44 <b>Ru</b> Rutenio Solidi	45 <b>Rh</b> Rodio Solidi	46 <b>Pd</b> Palladio Solidi	47 <b>Ag</b> Argento Solidi	48 <b>Cd</b> Cadmio Solidi	49 <b>In</b> Indio Solidi	50 <b>Sn</b> Stagno Solidi	51 <b>Sb</b> Antimonio Solidi	52 <b>Te</b> Tellurio Solidi	53 <b>I</b> Iodio Solidi	54 <b>Xe</b> Xeno Gas				
55 <b>Cs</b> Cesio Solidi	56 <b>Ba</b> Bario Solidi	57-71 Lantanoidi	72 <b>Hf</b> Afnio Solidi	73 <b>Ta</b> Tantalio Solidi	74 <b>W</b> Tungsteno Solidi	75 <b>Re</b> Renio Solidi	76 <b>Os</b> Osmio Solidi	77 <b>Ir</b> Iridio Solidi	78 <b>Pt</b> Platino Solidi	79 <b>Au</b> Oro Solidi	80 <b>Hg</b> Mercurio Liquidi	81 <b>Tl</b> Tallio Solidi	82 <b>Pb</b> Piombo Solidi	83 <b>Bi</b> Bismuto Solidi	84 <b>Po</b> Polonio Solidi	85 <b>At</b> Astatio Solidi	86 <b>Rn</b> Radon Gas				
87 <b>Fr</b> Francio Solidi	88 <b>Ra</b> Radio Solidi	89-103 Attinoidi	104 <b>Rf</b> Rutherfordio Sconosciuti	105 <b>Db</b> Dubnio Sconosciuti	106 <b>Sg</b> Seaborgio Sconosciuti	107 <b>Bh</b> Bohrio Sconosciuti	108 <b>Hs</b> Hassio Sconosciuti	109 <b>Mt</b> Meitnerio Sconosciuti	110 <b>Ds</b> Darmstadtio Sconosciuti	111 <b>Rg</b> Roentgenio Sconosciuti	112 <b>Cn</b> Copernicio Sconosciuti	113 <b>Nh</b> Nihonium Sconosciuti	114 <b>Fl</b> Flerovio Sconosciuti	115 <b>Mc</b> Moscovio Sconosciuti	116 <b>Lv</b> Livermorio Sconosciuti	117 <b>Ts</b> Tennesio Sconosciuti	118 <b>Og</b> Oganesson Sconosciuti				

Atomic # Simbolo Nome State

37 **Rb** Rubidio 85,468 [Kr] 5s<sup>1</sup>

IUPAC Serie.....Alkali  
 State at 298 K.....Solidi  
 Punto di fusione.....312.46 K  
 Punto di ebollizione.....961 K  
 Elettronegatività.....0.82  
 Affinità elettronica.....46.9 kJ/mol  
 Valenza.....1  
 Energia di ionizzazione.....403.0 kJ/mol

Radius.....265 pm  
 Durezza.....0.216 MPa  
 Modulus.....2.5 GPa  
 Densità.....1532 kg/m³  
 Conductivity.....58 W/mK  
 Heat.....364 J/kgK  
 Abundance.....1.00×10<sup>-6</sup>%  
 Scoperto.....1861

Select a temperature to see the state of matter of all elements at that temperature.

Tavola Periodica Design & Interface Copyright © 1997 Michael Dayah Ptable.com Ultimo aggiornamento 16 giu 2017

57 <b>La</b> Lantanio Solidi	58 <b>Ce</b> Cerio Solidi	59 <b>Pr</b> Praseodimio Solidi	60 <b>Nd</b> Neodimio Solidi	61 <b>Pm</b> Promezio Solidi	62 <b>Sm</b> Samario Solidi	63 <b>Eu</b> Europio Solidi	64 <b>Gd</b> Gadolinio Solidi	65 <b>Tb</b> Terbio Solidi	66 <b>Dy</b> Disprosio Solidi	67 <b>Ho</b> Olimio Solidi	68 <b>Er</b> Erbio Solidi	69 <b>Tm</b> Tulio Solidi	70 <b>Yb</b> Itterbio Solidi	71 <b>Lu</b> Lutezio Solidi
89 <b>Ac</b> Attinio Solidi	90 <b>Th</b> Torio Solidi	91 <b>Pa</b> Protattinio Solidi	92 <b>U</b> Uranio Solidi	93 <b>Np</b> Nettunio Solidi	94 <b>Pu</b> Plutonio Solidi	95 <b>Am</b> Americio Solidi	96 <b>Cm</b> Curio Solidi	97 <b>Bk</b> Berkelio Solidi	98 <b>Cf</b> Californio Solidi	99 <b>Es</b> Einsteinio Solidi	100 <b>Fm</b> Fermio Solidi	101 <b>Md</b> Mendelevio Solidi	102 <b>No</b> Nobelio Solidi	103 <b>Lr</b> Laurenzio Solidi

# Elementi liquidi a 30 °C (il futuro del pianeta?)

**Ptable** Demo About Contatta **Poster** Print Image Remove ads Italiano Ricerca

Wikipedia Proprietà Orbitale Isotopi Composti

☒ State at 273 K ☒ Nomi ☒ Elettroni ☐ Wide

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
													Pnictogens		Chalcogens	Alogeni			
1 <b>H</b> Idrogeno Gas			37 <b>Rb</b> Rubidio 85,468 [Kr] 5s <sup>1</sup>															2 <b>He</b> Elio Gas	
3 <b>Li</b> Litio Solidi	4 <b>Be</b> Berillio Solidi													5 <b>B</b> Boro Solidi	6 <b>C</b> Carbonio Solidi	7 <b>N</b> Azoto Gas	8 <b>O</b> Ossigeno Gas	9 <b>F</b> Fluoro Gas	10 <b>Ne</b> Neon Gas
11 <b>Na</b> Sodio Solidi	12 <b>Mg</b> Magnesio Solidi													13 <b>Al</b> Alluminio Solidi	14 <b>Si</b> Silicio Solidi	15 <b>P</b> Fosforo Solidi	16 <b>S</b> Zolfo Solidi	17 <b>Cl</b> Cloro Gas	18 <b>Ar</b> Argon Gas
19 <b>K</b> Potassio Solidi	20 <b>Ca</b> Calcio Solidi	21 <b>Sc</b> Scandio Solidi	22 <b>Ti</b> Titanio Solidi	23 <b>V</b> Vanadio Solidi	24 <b>Cr</b> Cromo Solidi	25 <b>Mn</b> Manganese Solidi	26 <b>Fe</b> Ferro Solidi	27 <b>Co</b> Cobalto Solidi	28 <b>Ni</b> Nichel Solidi	29 <b>Cu</b> Rame Solidi	30 <b>Zn</b> Zinco Solidi	31 <b>Ga</b> Gallio Liquidi	32 <b>Ge</b> Germanio Solidi	33 <b>As</b> Arsenico Solidi	34 <b>Se</b> Selenio Solidi	35 <b>Br</b> Bromo Liquidi	36 <b>Kr</b> Krypton Gas		
37 <b>Rb</b> Rubidio Solidi	38 <b>Sr</b> Stronzio Solidi	39 <b>Y</b> Ittrio Solidi	40 <b>Zr</b> Zirconio Solidi	41 <b>Nb</b> Niobio Solidi	42 <b>Mo</b> Molibdeno Solidi	43 <b>Tc</b> Tecnezio Solidi	44 <b>Ru</b> Rutenio Solidi	45 <b>Rh</b> Rodio Solidi	46 <b>Pd</b> Palladio Solidi	47 <b>Ag</b> Argento Solidi	48 <b>Cd</b> Cadmio Solidi	49 <b>In</b> Indio Solidi	50 <b>Sn</b> Stagno Solidi	51 <b>Sb</b> Antimonio Solidi	52 <b>Te</b> Tellurio Solidi	53 <b>I</b> Iodio Solidi	54 <b>Xe</b> Xeno Gas		
55 <b>Cs</b> Cesio Liquidi	56 <b>Ba</b> Bario Solidi	57-71	72 <b>Hf</b> Afio Solidi	73 <b>Ta</b> Tantalio Solidi	74 <b>W</b> Tungsteno Solidi	75 <b>Re</b> Renio Solidi	76 <b>Os</b> Osmio Solidi	77 <b>Ir</b> Iridio Solidi	78 <b>Pt</b> Platino Solidi	79 <b>Au</b> Oro Solidi	80 <b>Hg</b> Mercurio Liquidi	81 <b>Tl</b> Tallio Solidi	82 <b>Pb</b> Piombo Solidi	83 <b>Bi</b> Bismuto Solidi	84 <b>Po</b> Polonio Solidi	85 <b>At</b> Astatio Solidi	86 <b>Rn</b> Radon Gas		
87 <b>Fr</b> Francio Liquidi	88 <b>Ra</b> Radio Solidi	89-103	104 <b>Rf</b> Rutherfordio Sconosciuti	105 <b>Db</b> Dubnio Sconosciuti	106 <b>Sg</b> Seaborgio Sconosciuti	107 <b>Bh</b> Bohrio Sconosciuti	108 <b>Hs</b> Hassio Sconosciuti	109 <b>Mt</b> Meitnerio Sconosciuti	110 <b>Ds</b> Darmstadtio Sconosciuti	111 <b>Rg</b> Roentgenio Sconosciuti	112 <b>Cn</b> Copernicio Sconosciuti	113 <b>Nh</b> Nihonium Sconosciuti	114 <b>Fl</b> Flerovio Sconosciuti	115 <b>Mc</b> Moscovio Sconosciuti	116 <b>Lv</b> Livermorio Sconosciuti	117 <b>Ts</b> Tennesio Sconosciuti	118 <b>Og</b> Oganesson Sconosciuti		

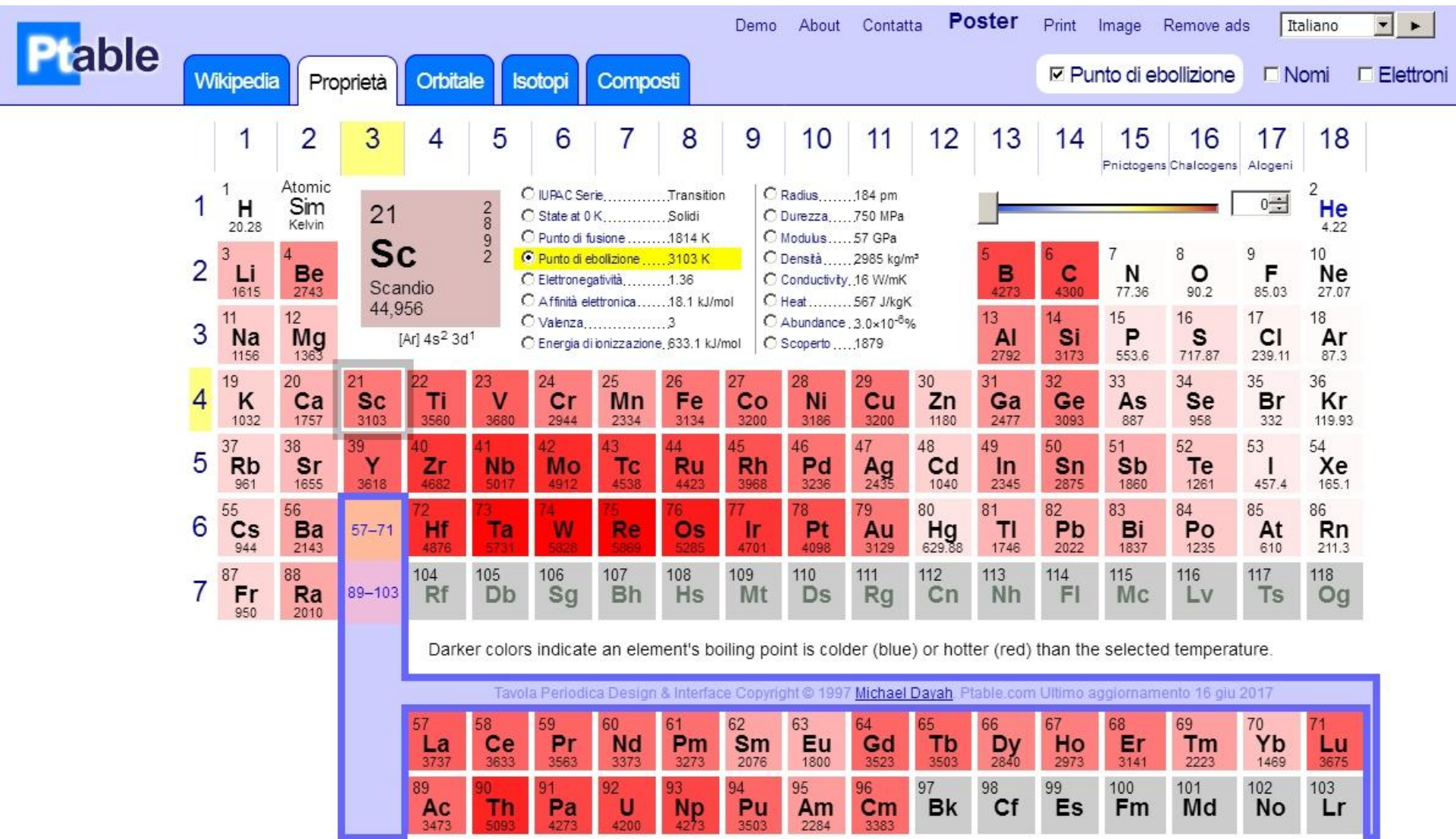
Select a temperature to see the state of matter of all elements at that temperature.

Tavola Periodica Design & Interface Copyright © 1997 Michael Dayah Ptable.com Ultimo aggiornamento 16 giu 2017

57 <b>La</b> Lantanio Solidi	58 <b>Ce</b> Cerio Solidi	59 <b>Pr</b> Praseodimio Solidi	60 <b>Nd</b> Neodimio Solidi	61 <b>Pm</b> Promezio Solidi	62 <b>Sm</b> Samario Solidi	63 <b>Eu</b> Europio Solidi	64 <b>Gd</b> Gadolinio Solidi	65 <b>Tb</b> Terbio Solidi	66 <b>Dy</b> Disprosio Solidi	67 <b>Ho</b> Olimio Solidi	68 <b>Er</b> Erbio Solidi	69 <b>Tm</b> Tulio Solidi	70 <b>Yb</b> Itterbio Solidi	71 <b>Lu</b> Lutezio Solidi
89 <b>Ac</b> Attinio Solidi	90 <b>Th</b> Torio Solidi	91 <b>Pa</b> Protattinio Solidi	92 <b>U</b> Uranio Solidi	93 <b>Np</b> Nettunio Solidi	94 <b>Pu</b> Plutonio Solidi	95 <b>Am</b> Americio Solidi	96 <b>Cm</b> Curio Solidi	97 <b>Bk</b> Berkelio Solidi	98 <b>Cf</b> Californio Solidi	99 <b>Es</b> Einsteinio Solidi	100 <b>Fm</b> Fermio Solidi	101 <b>Md</b> Mendelevio Solidi	102 <b>No</b> Nobelio Solidi	103 <b>Lr</b> Laurenzio Solidi



# La temperatura di ebollizione



# Conducibilità elettrica degli elementi

Ptable

Demo About Contatta **Poster** Print Image Remove ads Italiano Ricerca

Wikipedia Proprietà **Orbitale** Isotopi Composti

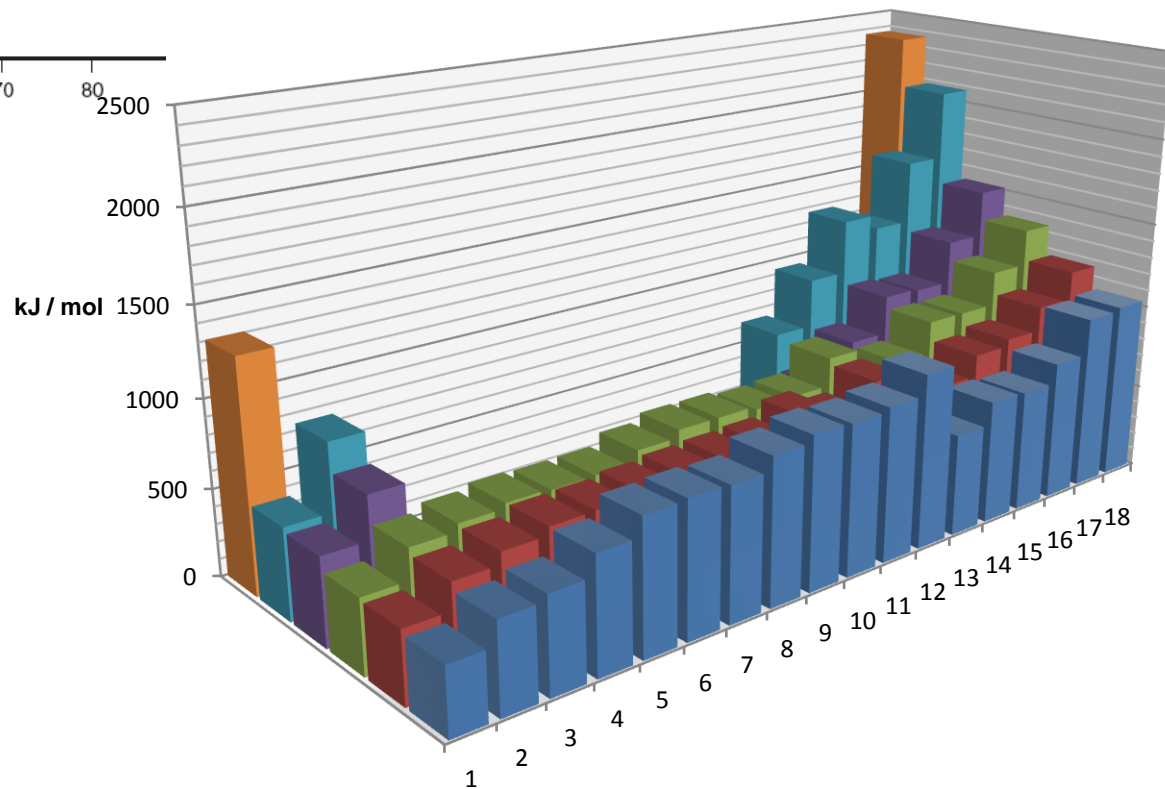
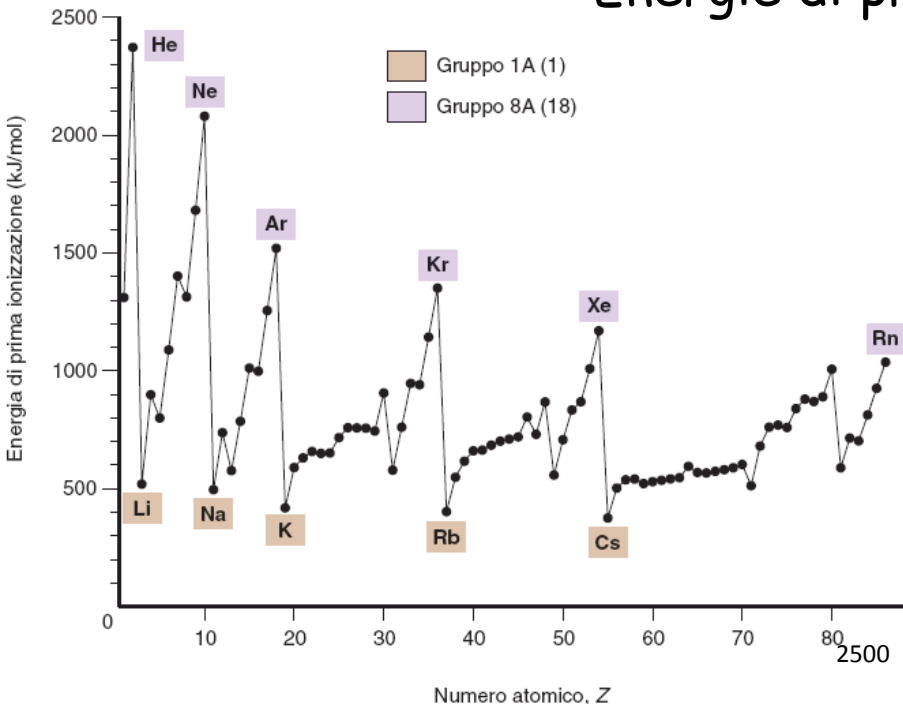
☒ Conductivity ☐ Nomi ☐ Elettroni ☐ Wide

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1 H Atomic Sim MS/m																	2 He
2	3 Li 11	4 Be 25																
3	11 Na 21	12 Mg 23																
4	19 K 14	20 Ca 29	21 Sc 1.8	22 Ti 2.5	23 V 5.0	24 Cr 7.9	25 Mn 0.62	26 Fe 10	27 Co 17	28 Ni 14	29 Cu 59	30 Zn 17	31 Ga 7.1	32 Ge 0.0020	33 As 3.3	34 Se 1.0e-21	35 Br 1.0e-16	36 Kr
5	37 Rb 8.3	38 Sr 7.7	39 Y 1.8	40 Zr 2.4	41 Nb 6.7	42 Mo 20	43 Tc 5.0	44 Ru 14	45 Rh 23	46 Pd 10	47 Ag 67	48 Cd 14	49 In 12	50 Sn 9.1	51 Sb 2.5	52 Te 0.010	53 I 1.0e-13	54 Xe
6	55 Cs 5.0	56 Ba 2.9	57-71	72 Hf 3.3	73 Ta 7.7	74 W 20	75 Re 5.6	76 Os 12	77 Ir 21	78 Pt 9.4	79 Au 45	80 Hg 1.0	81 Tl 6.7	82 Pb 4.8	83 Bi 0.77	84 Po 2.3	85 At	86 Rn
7	87 Fr 1.0	88 Ra	89-103	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og

Tavola Periodica Design & Interface Copyright © 1997 Michael Davah Ptable.com Ultimo aggiornamento 16 giu 2017

57 La 1.6	58 Ce 1.4	59 Pr 1.4	60 Nd 1.6	61 Pm 1.3	62 Sm 1.1	63 Eu 1.1	64 Gd 0.77	65 Tb 0.83	66 Dy 1.1	67 Ho 1.1	68 Er 1.2	69 Tm 1.4	70 Yb 3.6	71 Lu 1.8
89 Ac	90 Th 6.7	91 Pa 5.6	92 U 3.6	93 Np 0.83	94 Pu 0.67	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

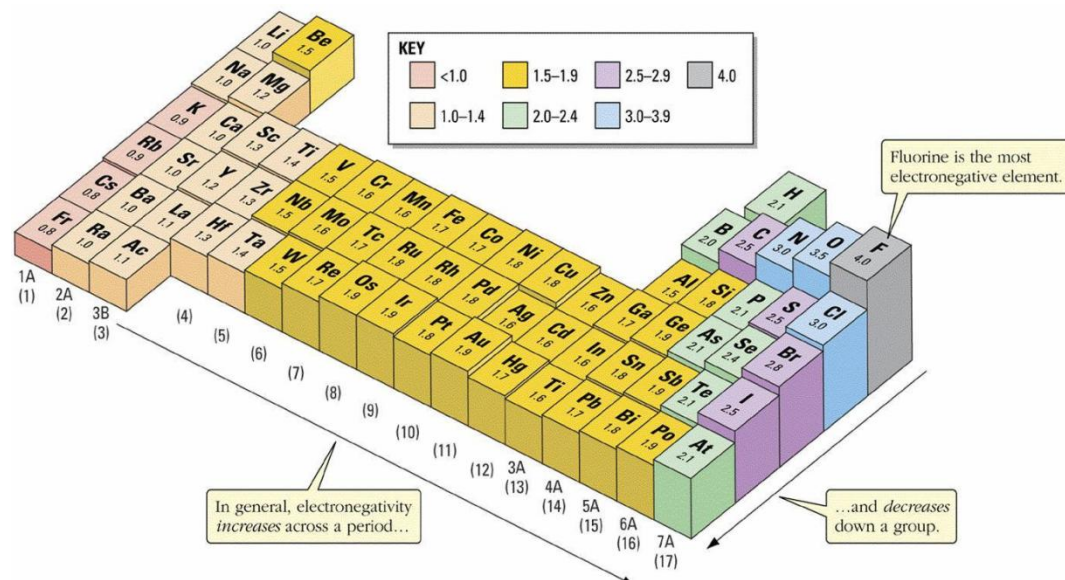
# Energie di prima ionizzazione



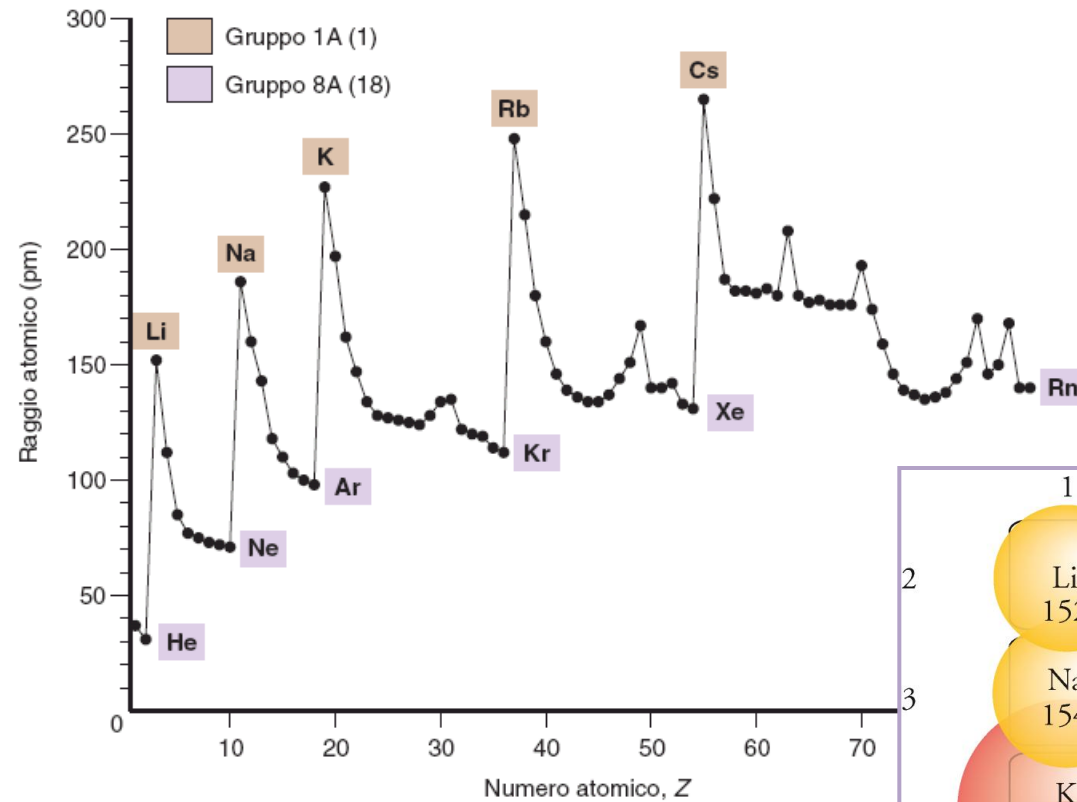


# Elettronegatività: metalli, non metalli, **metalloidi**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
															Prictogens	Chalcogens	Alogeni	
1	<div>1 <b>H</b> 2.20</div>	Atomic Sim Pauling																<div>2 <b>He</b></div>
2	<div>3 <b>Li</b> 0.98</div>	<div>4 <b>Be</b> 1.57</div>																
3	<div>11 <b>Na</b> 0.93</div>	<div>12 <b>Mg</b> 1.31</div>																
4	<div>19 <b>K</b> 0.82</div>	<div>20 <b>Ca</b> 1.0</div>	<div>21 <b>Sc</b> 1.36</div>	<div>22 <b>Ti</b> 1.54</div>	<div>23 <b>V</b> 1.63</div>	<div>24 <b>Cr</b> 1.66</div>	<div>25 <b>Mn</b> 1.55</div>	<div>26 <b>Fe</b> 1.83</div>	<div>27 <b>Co</b> 1.88</div>	<div>28 <b>Ni</b> 1.91</div>	<div>29 <b>Cu</b> 1.90</div>	<div>30 <b>Zn</b> 1.65</div>	<div>31 <b>Ga</b> 1.81</div>	<div>32 <b>Ge</b> 2.01</div>	<div>33 <b>As</b> 2.18</div>	<div>34 <b>Se</b> 2.55</div>	<div>35 <b>Br</b> 2.96</div>	<div>36 <b>Kr</b> 3.0</div>
5	<div>37 <b>Rb</b> 0.82</div>	<div>38 <b>Sr</b> 0.95</div>	<div>39 <b>Y</b> 1.22</div>	<div>40 <b>Zr</b> 1.33</div>	<div>41 <b>Nb</b> 1.6</div>	<div>42 <b>Mo</b> 2.16</div>	<div>43 <b>Tc</b> 1.9</div>	<div>44 <b>Ru</b> 2.2</div>	<div>45 <b>Rh</b> 2.28</div>	<div>46 <b>Pd</b> 2.20</div>	<div>47 <b>Ag</b> 1.93</div>	<div>48 <b>Cd</b> 1.69</div>	<div>49 <b>In</b> 1.78</div>	<div>50 <b>Sn</b> 1.96</div>	<div>51 <b>Sb</b> 2.05</div>	<div>52 <b>Te</b> 2.1</div>	<div>53 <b>I</b> 2.66</div>	<div>54 <b>Xe</b> 2.6</div>
6	<div>55 <b>Cs</b> 0.79</div>	<div>56 <b>Ba</b> 0.89</div>	<div>57-71</div>	<div>72 <b>Hf</b> 1.3</div>	<div>73 <b>Ta</b> 1.5</div>	<div>74 <b>W</b> 2.36</div>	<div>75 <b>Re</b> 1.9</div>	<div>76 <b>Os</b> 2.2</div>	<div>77 <b>Ir</b> 2.20</div>	<div>78 <b>Pt</b> 2.28</div>	<div>79 <b>Au</b> 2.54</div>	<div>80 <b>Hg</b> 2.0</div>	<div>81 <b>Tl</b> 1.62</div>	<div>82 <b>Pb</b> 2.33</div>	<div>83 <b>Bi</b> 2.02</div>	<div>84 <b>Po</b> 2.0</div>	<div>85 <b>At</b> 2.2</div>	<div>86 <b>Rn</b></div>
7	<div>87 <b>Fr</b> 0.7</div>	<div>88 <b>Ra</b> 0.9</div>	<div>89-103</div>	<div>104 <b>Rf</b></div>	<div>105 <b>Db</b></div>	<div>106 <b>Sg</b></div>	<div>107 <b>Bh</b></div>	<div>108 <b>Hs</b></div>	<div>109 <b>Mt</b></div>	<div>110 <b>Ds</b></div>	<div>111 <b>Rg</b></div>	<div>112 <b>Cn</b></div>	<div>113 <b>Nh</b></div>	<div>114 <b>Fl</b></div>	<div>115 <b>Mc</b></div>	<div>116 <b>Lv</b></div>	<div>117 <b>Ts</b></div>	<div>118 <b>Og</b></div>



# Le proprietà periodiche: il raggio atomico



	1	2	13/III	14/IV	15/V	16/VI	17/VII
2	Li 152	Be 113	B 88	C 77	N 75	O 66	F 58
3	Na 154	Mg 160	Al 143	Si 117	P 110	S 104	Cl 99
4	K 227	Ca 197	Ga 122	Ge 122	As 121	Se 117	Br 114
5	Rb 248	Sr 215	In 163	Sn 141	Sb 141	Te 137	I 133
6	Cs 265	Ba 217	Tl 170	Pb 175	Bi 155	Po 167	At

metallo + nonmetallo = sale

	F	Cl	Br	I
Li	LiF	LiCl	LiBr	LiI
Na	NaF	NaCl	NaBr	NaI
K	KF	KCl	KBr	KI
Rb	RbF	RbCl	RbBr	RbI
Cs	CsF	CsCl	CsBr	CsI

	O	S	Se	Te
Li	Li <sub>2</sub> O	Li <sub>2</sub> S	Li <sub>2</sub> Se	Li <sub>2</sub> Te
Na	Na <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> S	Na <sub>2</sub> Se	Na <sub>2</sub> Te
K	K <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> S	K <sub>2</sub> Se	K <sub>2</sub> Te
Rb	Rb <sub>2</sub> O	Rb <sub>2</sub> O	Rb <sub>2</sub> Se	Rb <sub>2</sub> Te
Cs	Cs <sub>2</sub> O	Cs <sub>2</sub> S	Cs <sub>2</sub> Se	Cs <sub>2</sub> Te

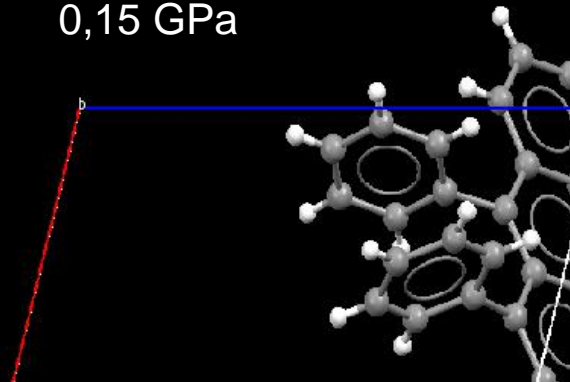
	F	Cl	Br	I
Be	BeF <sub>2</sub>	BeCl <sub>2</sub>	BeBr <sub>2</sub>	BeI <sub>2</sub>
Mg	MgF <sub>2</sub>	MgCl <sub>2</sub>	MgBr <sub>2</sub>	MgI <sub>2</sub>
Ca	CaF <sub>2</sub>	CaCl <sub>2</sub>	CaBr <sub>2</sub>	CaI <sub>2</sub>
Sr	SrF <sub>2</sub>	SrCl <sub>2</sub>	SrBr <sub>2</sub>	SrI <sub>2</sub>
Ba	BaF <sub>2</sub>	BaCl <sub>2</sub>	BaBr <sub>2</sub>	BaI <sub>2</sub>

	O	S	Se	Te
Be	BeO	BeS	BeSe	BeTe
Mg	MgO	MgS	MgSe	MgTe
Ca	CaO	CaS	CaSe	CaTe
Sr	SrO	SrO	SrSe	SrTe
Ba	BaO	BaS	BaSe	BaTe

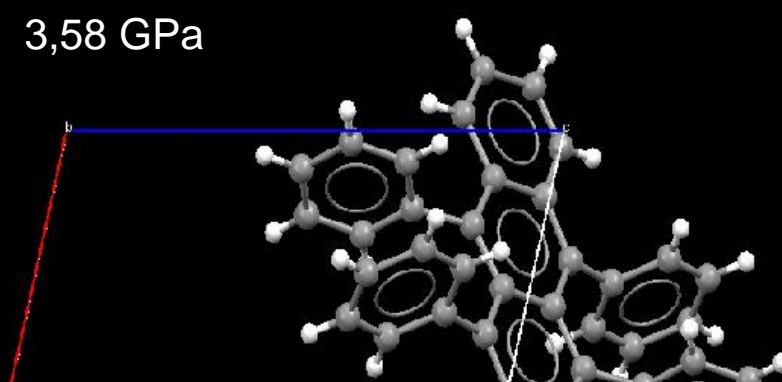


*Poiché la radioattività è un fenomeno atomico, accompagnato da una trasformazione chimica in cui sono prodotti nuovi tipi di materia, le trasformazioni chimiche suddette debbono avvenire all'interno dell'atomo e gli elementi radioattivi devono essere soggetti a trasformazioni spontanee. I risultati che ho così ottenuto, i quali indicano che le velocità di reazione sono indipendenti dalle condizioni, mostrano che le trasformazioni in questione hanno un carattere del tutto differente da quelle fino ad ora considerate in chimica. Appare, quindi, evidente che i fenomeni con cui siamo interessati escono dalla sfera delle forze atomiche conosciute. La radioattività può, perciò, essere considerata come una manifestazione di una trasformazione subatomica. Le reazioni portate a conoscenza dalla radioattività, benché siano indubbiamente di natura chimica, sono, come ordine di grandezza, differenti da tutte quelle fino ad ora considerate in chimica.*

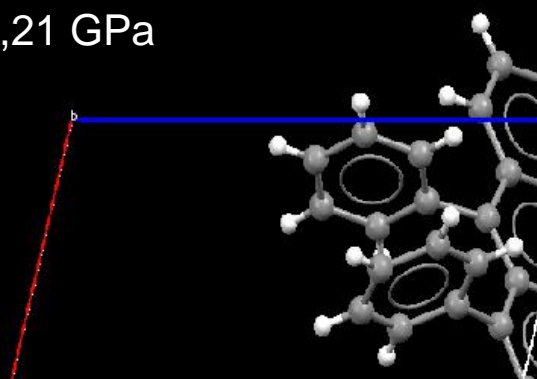
0,15 GPa



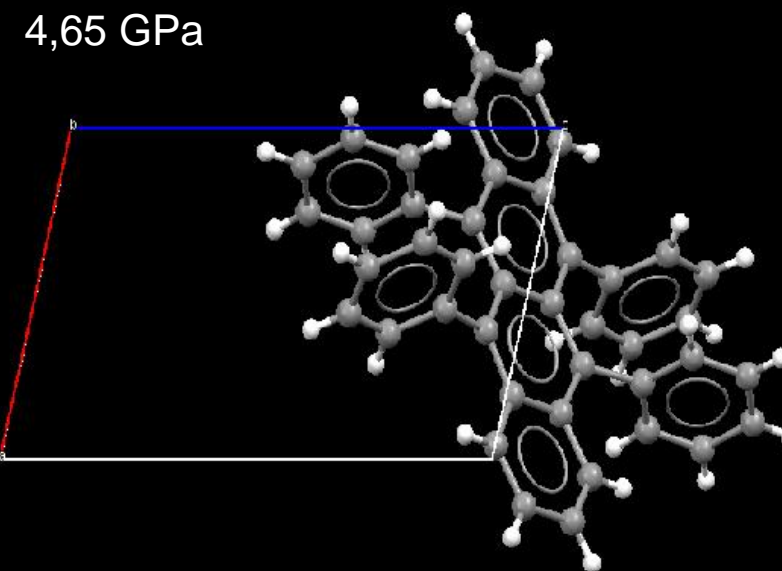
3,58 GPa



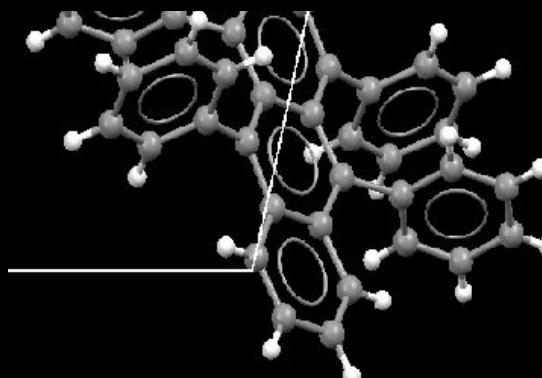
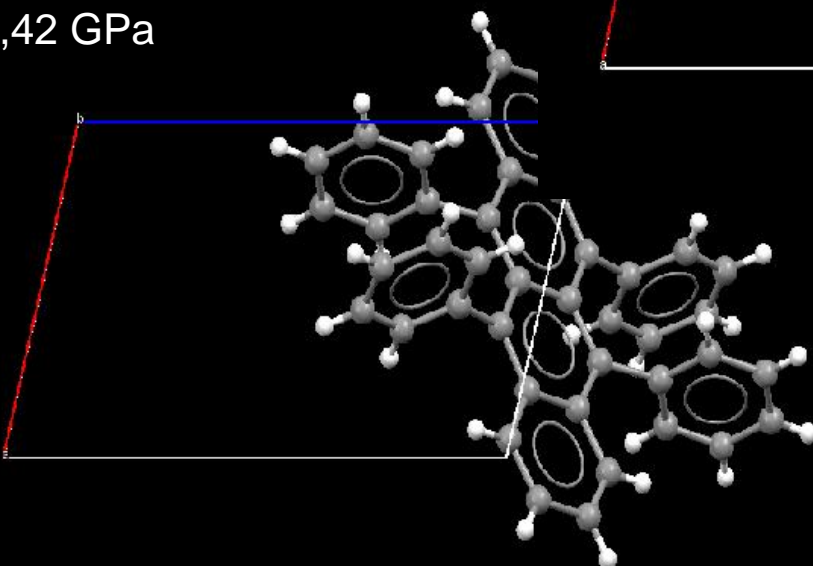
1,21 GPa



4,65 GPa



2,42 GPa



# Abbondanza degli elementi negli oceani

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
																Prictogens	Chalcogens	Alogeni
1	1 <b>H</b> 1.1	Atomic Sim Percent	8 <b>O</b> Ossigeno 15,999 [He] 2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup>	2 6	<input type="radio"/> IUPAC Serie.....Chalcogen <input type="radio"/> State at 0 K.....Solidi <input type="radio"/> Punto di fusione.....54.8 K <input type="radio"/> Punto di ebollizione.....90.2 K <input type="radio"/> Elettronegatività.....3.44 <input type="radio"/> Affinità elettronica.....141 kJ/mol <input type="radio"/> Valenza.....2 <input type="radio"/> 4th Energia di ionizzazione.....7469.2 kJ/mol										<input type="radio"/> Universe <input type="radio"/> Solar <input checked="" type="radio"/> Ocean <input type="radio"/> Meteor <input type="radio"/> Human			2 <b>He</b> 7.2e-10
2	3 <b>Li</b> 0.00001	4 <b>Be</b> 6.0e-11	<input type="radio"/> Empirical Radius.....60 pm <input type="radio"/> Brinell Durezza.....Sconosciuto <input type="radio"/> Modulus.....Sconosciuto <input type="radio"/> STP Densità.....1.429 kg/m <sup>3</sup> <input type="radio"/> Thermal Conductivity.....0.02658 W/mK <input type="radio"/> Vaporization Heat.....3.41 kJ/mol <input checked="" type="radio"/> Ocean Abundance...86%										5 <b>B</b> 0.00044	6 <b>C</b> 0.0028	7 <b>N</b> 0.00005	8 <b>O</b> 86	9 <b>F</b> 0.00013	10 <b>Ne</b> 1.2e-8
3	11 <b>Na</b> 1.1	12 <b>Mg</b> 0.13	Scoperto.....1774										13 <b>Al</b> 5.0e-7	14 <b>Si</b> 0.00010	15 <b>P</b> 7.0e-6	16 <b>S</b> 0.093	17 <b>Cl</b> 2.0	18 <b>Ar</b> 0.00004
4	19 <b>K</b> 0.042	20 <b>Ca</b> 0.00042	21 <b>Sc</b> 1.5e-10	22 <b>Ti</b> 1.0e-7	23 <b>V</b> 1.5e-7	24 <b>Cr</b> 6.0e-8	25 <b>Mn</b> 2.0e-7	26 <b>Fe</b> 3.0e-7	27 <b>Co</b> 8.0e-9	28 <b>Ni</b> 2.0e-7	29 <b>Cu</b> 3.0e-7	30 <b>Zn</b> 5.0e-7	31 <b>Ga</b> 3.0e-9	32 <b>Ge</b> 6.0e-9	33 <b>As</b> 2.3e-7	34 <b>Se</b> 4.5e-8	35 <b>Br</b> 0.0067	36 <b>Kr</b> 2.1e-8
5	37 <b>Rb</b> 0.00001	38 <b>Sr</b> 0.00081	39 <b>Y</b> 1.3e-9	40 <b>Zr</b> 2.6e-9	41 <b>Nb</b> 1.0e-10	42 <b>Mo</b> 1.0e-6	43 <b>Tc</b> 0	44 <b>Ru</b> 7.0e-11	45 <b>Rh</b>	46 <b>Pd</b>	47 <b>Ag</b> 1.0e-8	48 <b>Cd</b> 5.0e-9	49 <b>In</b> 1.0e-11	50 <b>Sn</b> 1.0e-9	51 <b>Sb</b> 2.0e-8	52 <b>Te</b>	53 <b>I</b> 6.0e-6	54 <b>Xe</b> 5.0e-10
6	55 <b>Cs</b> 5.0e-8	56 <b>Ba</b> 3.0e-6	57-71	72 <b>Hf</b> 8.0e-10	73 <b>Ta</b> 2.0e-10	74 <b>W</b> 1.2e-8	75 <b>Re</b> 1.0e-10	76 <b>Os</b>	77 <b>Ir</b>	78 <b>Pt</b>	79 <b>Au</b> 5.0e-9	80 <b>Hg</b> 5.0e-9	81 <b>Tl</b> 1.0e-10	82 <b>Pb</b> 3.0e-9	83 <b>Bi</b> 2.0e-9	84 <b>Po</b> 2.0e-18	85 <b>At</b> 0	86 <b>Rn</b> 6.0e-20
7	87 <b>Fr</b>	88 <b>Ra</b> 1.0e-15	89-103	104 <b>Rf</b> 0	105 <b>Db</b> 0	106 <b>Sg</b> 0	107 <b>Bh</b> 0	108 <b>Hs</b> 0	109 <b>Mt</b> 0	110 <b>Ds</b> 0	111 <b>Rg</b> 0	112 <b>Cn</b> 0	113 <b>Nh</b> 0	114 <b>Fl</b> 0	115 <b>Mc</b> 0	116 <b>Lv</b> 0	117 <b>Ts</b> 0	118 <b>Og</b> 0
Abundance percentages for elements in each context are by mass, not number of atoms.																		
Tavola Periodica Design & Interface Copyright © 1997 Michael Davah Ptable.com Ultimo aggiornamento 16 giu 2017																		
	57 <b>La</b> 3.4e-10	58 <b>Ce</b> 1.2e-10	59 <b>Pr</b> 6.0e-11	60 <b>Nd</b> 2.8e-10	61 <b>Pm</b> 0	62 <b>Sm</b> 4.5e-11	63 <b>Eu</b> 1.3e-11	64 <b>Gd</b> 7.0e-11	65 <b>Tb</b> 1.4e-11	66 <b>Dy</b> 9.1e-11	67 <b>Ho</b> 2.2e-11	68 <b>Er</b> 9.0e-11	69 <b>Tm</b> 2.0e-11	70 <b>Yb</b> 8.0e-11	71 <b>Lu</b> 1.5e-11			
	89 <b>Ac</b>	90 <b>Th</b> 4.0e-12	91 <b>Pa</b> 2.0e-23	92 <b>U</b> 3.3e-7	93 <b>Np</b> 0	94 <b>Pu</b> 0	95 <b>Am</b> 0	96 <b>Cm</b> 0	97 <b>Bk</b> 0	98 <b>Cf</b> 0	99 <b>Es</b> 0	100 <b>Fm</b> 0	101 <b>Md</b> 0	102 <b>No</b> 0	103 <b>Lr</b> 0			



# Abbondanza degli elementi nel corpo umano

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
																Prictogens	Chalcogens	Alogeni
1	1 <b>H</b> 1.0	Atomic Sim Percent																2 <b>He</b>
2	3 <b>Li</b> 3.0e-6	4 <b>Be</b> 4.0e-8											5 <b>B</b> 0.000071	6 <b>C</b> 23	7 <b>N</b> 2.6	8 <b>O</b> 61	9 <b>F</b> 0.0037	10 <b>Ne</b>
3	11 <b>Na</b> 0.14	12 <b>Mg</b> 0.027											13 <b>Al</b> 0.000091	14 <b>Si</b> 0.026	15 <b>P</b> 1.1	16 <b>S</b> 0.20	17 <b>Cl</b> 0.12	18 <b>Ar</b>
4	19 <b>K</b> 0.20	20 <b>Ca</b> 1.4	21 <b>Sc</b>	22 <b>Ti</b>	23 <b>V</b> 3.0e-6	24 <b>Cr</b> 3.0e-6	25 <b>Mn</b> 0.000021	26 <b>Fe</b> 0.0060	27 <b>Co</b> 2.0e-6	28 <b>Ni</b> 0.000011	29 <b>Cu</b> 0.00010	30 <b>Zn</b> 0.0033	31 <b>Ga</b>	32 <b>Ge</b>	33 <b>As</b> 5.0e-6	34 <b>Se</b> 5.0e-6	35 <b>Br</b> 0.00029	36 <b>Kr</b>
5	37 <b>Rb</b> 0.00046	38 <b>Sr</b> 0.00046	39 <b>Y</b>	40 <b>Zr</b> 5.0e-6	41 <b>Nb</b>	42 <b>Mo</b> 0.000011	43 <b>Tc</b> 0	44 <b>Ru</b>	45 <b>Rh</b>	46 <b>Pd</b>	47 <b>Ag</b>	48 <b>Cd</b> 0.000071	49 <b>In</b>	50 <b>Sn</b> 0.000021	51 <b>Sb</b>	52 <b>Te</b>	53 <b>I</b> 0.00002	54 <b>Xe</b>
6	55 <b>Cs</b> 2.0e-6	56 <b>Ba</b> 0.000031	57-71	72 <b>Hf</b>	73 <b>Ta</b>	74 <b>W</b>	75 <b>Re</b>	76 <b>Os</b>	77 <b>Ir</b>	78 <b>Pt</b>	79 <b>Au</b> 0.000011	80 <b>Hg</b>	81 <b>Tl</b>	82 <b>Pb</b> 0.00017	83 <b>Bi</b>	84 <b>Po</b> 0	85 <b>At</b> 0	86 <b>Rn</b>
7	87 <b>Fr</b> 0	88 <b>Ra</b> 1.0e-13	89-103	104 <b>Rf</b> 0	105 <b>Db</b> 0	106 <b>Sg</b> 0	107 <b>Bh</b> 0	108 <b>Hs</b> 0	109 <b>Mt</b> 0	110 <b>Ds</b> 0	111 <b>Rg</b> 0	112 <b>Cn</b> 0	113 <b>Nh</b> 0	114 <b>Fl</b> 0	115 <b>Mc</b> 0	116 <b>Lv</b> 0	117 <b>Ts</b> 0	118 <b>Og</b> 0

Abundance percentages for elements in each context are by mass, not number of atoms.

Tavola Periodica Design & Interface Copyright © 1997 [Michael Davah](#) Ptable.com Ultimo aggiornamento 16 giu 2017

57 <b>La</b>	58 <b>Ce</b>	59 <b>Pr</b>	60 <b>Nd</b>	61 <b>Pm</b> 0	62 <b>Sm</b>	63 <b>Eu</b>	64 <b>Gd</b>	65 <b>Tb</b>	66 <b>Dy</b>	67 <b>Ho</b>	68 <b>Er</b>	69 <b>Tm</b>	70 <b>Yb</b>	71 <b>Lu</b>
89 <b>Ac</b> 0	90 <b>Th</b> 0	91 <b>Pa</b> 0	92 <b>U</b> 1.0e-7	93 <b>Np</b> 0	94 <b>Pu</b> 0	95 <b>Am</b> 0	96 <b>Cm</b> 0	97 <b>Bk</b> 0	98 <b>Cf</b> 0	99 <b>Es</b> 0	100 <b>Fm</b> 0	101 <b>Md</b> 0	102 <b>No</b> 0	103 <b>Lr</b> 0

*Pyura chilensis* (Ascidiacee) concentra il vanadio  $10^7$  volte