

VII SCUOLA NAZIONALE DI DIDATTICA DELLA CHIMICA "GIUSEPPE DEL RE"

La Chimica per uno sviluppo sostenibile e l'educazione civica

Bertinoro (FC), 6 - 9 ottobre 2022

Margherita Venturi

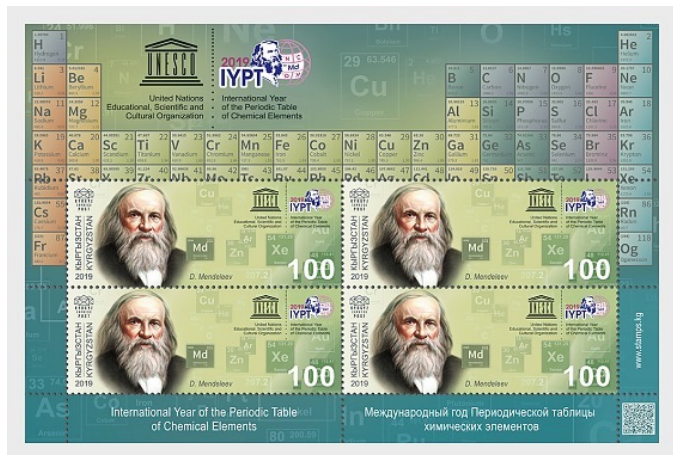
Dipartimento di Chimica "G. Ciamician" - Università di Bologna

E-mail: margherita.venturi@unibo.it



Per non
"sparecchiare" la
Tavola Periodica

La Tavola Periodica degli elementi: il documento che ha rivoluzionato la scienza

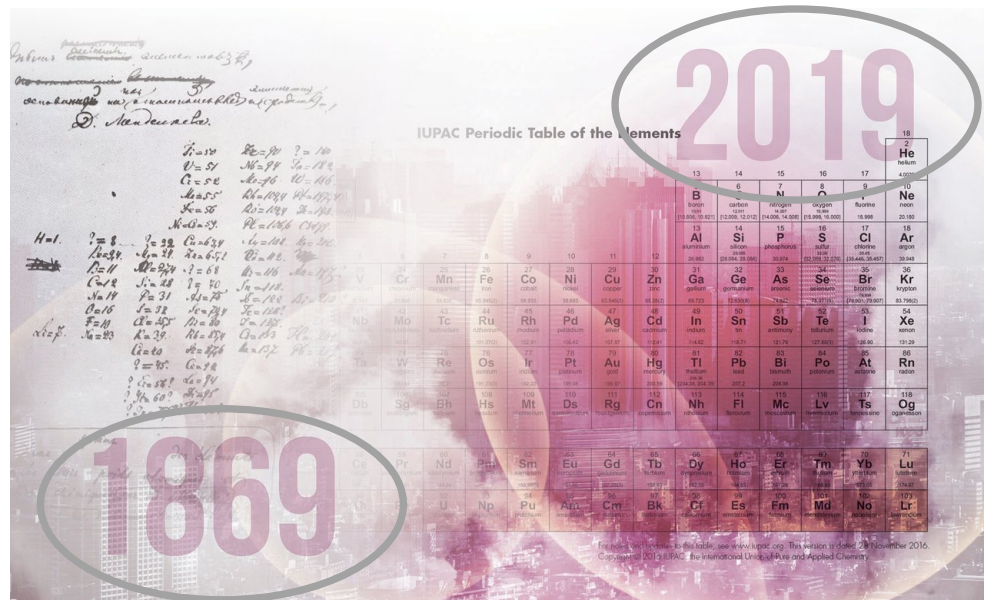


United Nations
Educational, Scientific and
Cultural Organization

In support of

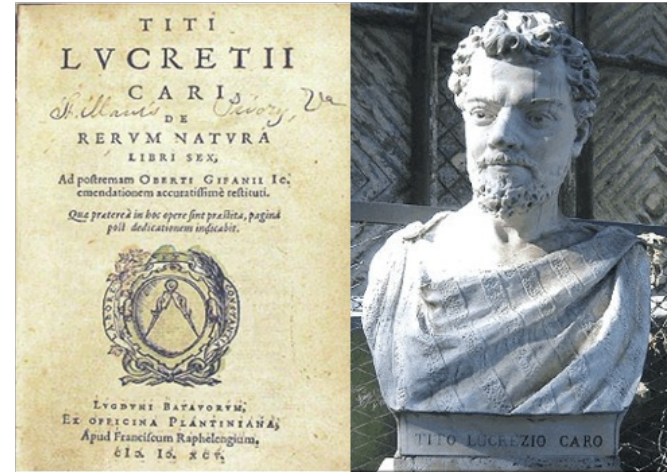
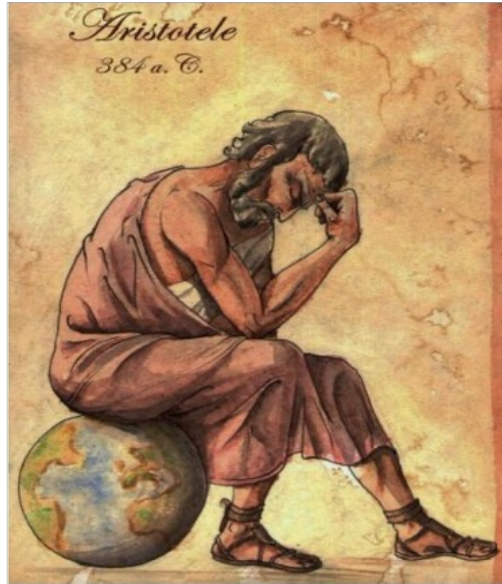


- International Year of the Periodic Table of Chemical Elements



For more information, see the website: www.iupac.org. This session is dated 29 November 2016. Copyright © 2013 IUPAC, the International Union of Pure and Applied Chemistry.

È la risposta ad una domanda molto antica: di cosa è fatta la materia?



Acqua

Fuoco



Terra

Aria

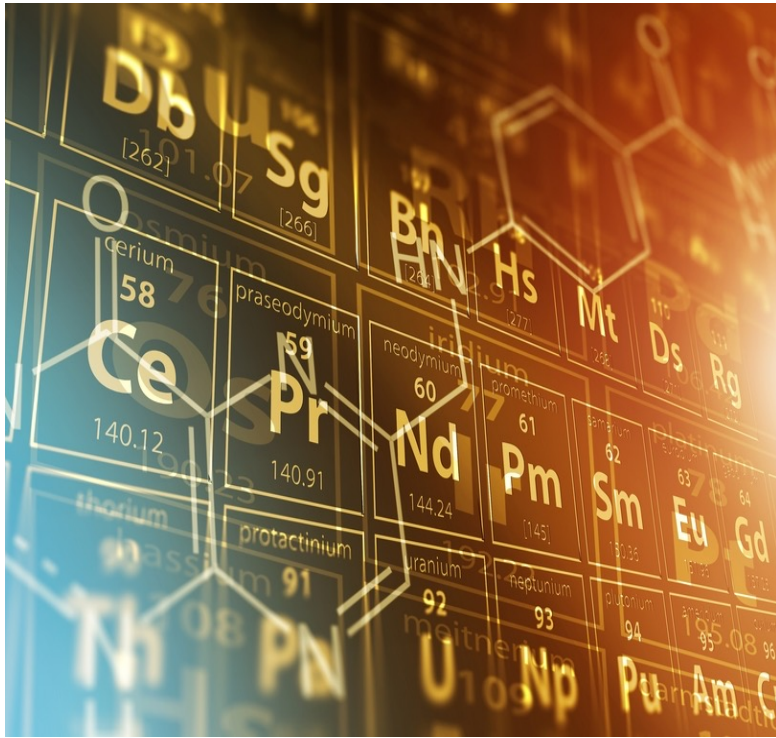


Etere



Il libro dei Sette Sigilli e gli alchimisti al lavoro per trovare la pietra filosofale

La Tavola Periodica



Un documento che permette agli scienziati di capire e predire le proprietà della materia sulla Terra e nell'Universo

Uno dei più importanti risultati della scienza in grado di "catturare" l'essenza non solo della chimica e delle altre discipline scientifiche, ma della Natura stessa

La Tavola Periodica è il linguaggio della Natura

L'importanza di una scoperta scientifica può essere valutata in base alle diverse "platee" interessate:

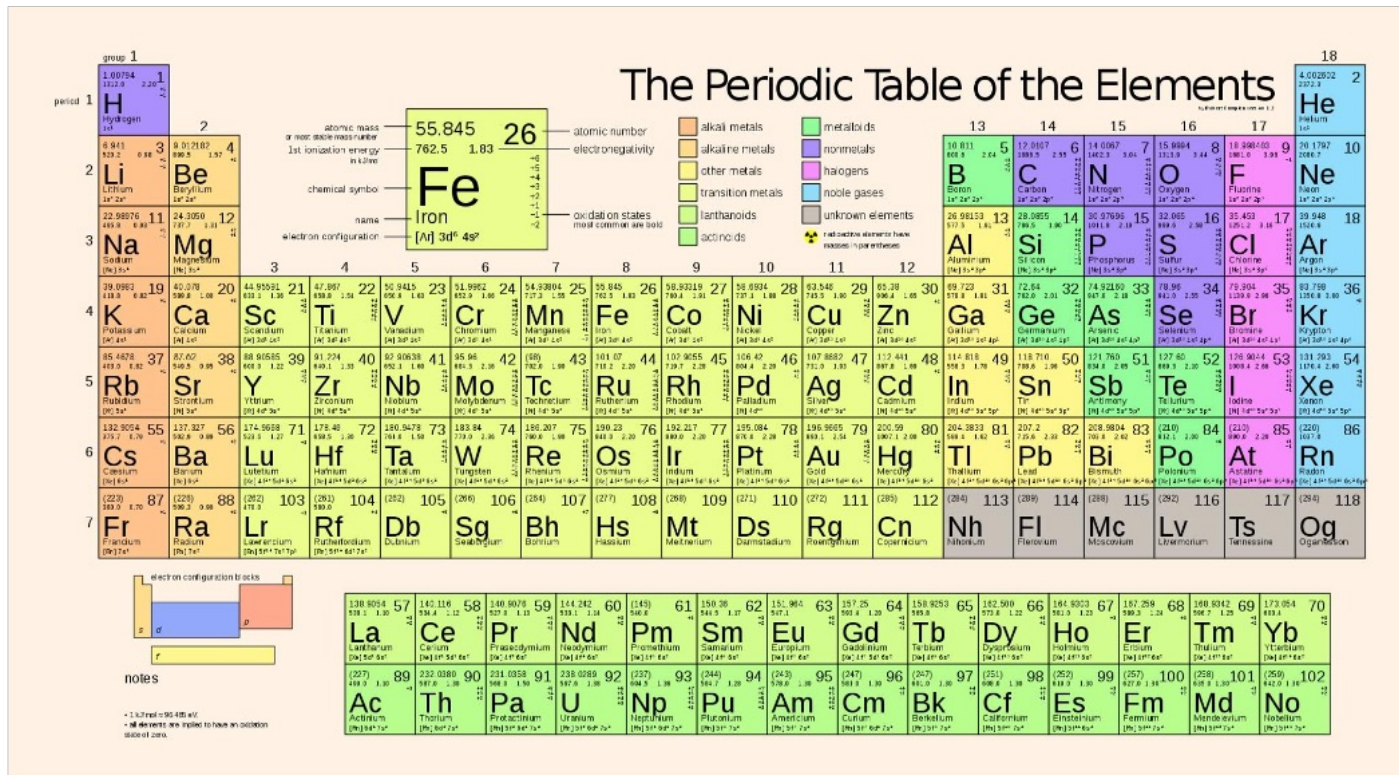
- i ricercatori che lavorano nella disciplina scientifica specifica della scoperta
- i ricercatori che lavorano in altre discipline scientifiche affini
- il pubblico non direttamente coinvolto nella scienza

La Tavola Periodica può sicuramente essere considerata una scoperta scientifica molto importante

Chimica







La Tavola Periodica è un documento semplice ed elegante che raccoglie in maniera concisa gran parte delle conoscenze chimiche

Nessun'altra disciplina scientifica può vantare un documento simile considerato l'icona della chimica



Astronomia

The Origin of the Solar System Elements

1 H	big bang fusion 										cosmic ray fission 					2 He		
3 Li	4 Be	merging neutron stars? 					exploding massive stars 					5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne	
11 Na	12 Mg	dying low mass stars 					exploding white dwarfs 					13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar	
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr	
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe	
55 Cs	56 Ba	72 Hf		73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn	
87 Fr	88 Ra																	
		57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu		
		89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	Very radioactive isotopes; nothing left from stars										

Biologia

THE PERIODIC TABLE FOR BIOLOGISTS

I	II
1 1.01 H hydrogen	2 4.00 He helium
3 6.94 Li lithium	4 9.01 Be beryllium
11 22.99 Na sodium	12 24.31 Mg magnesium
19 39.10 K potassium	20 40.08 Ca calcium
37 85.47 Rb rubidium	38 87.62 Sr strontium
55 132.91 Cs cesium	56 137.33 Ba barium
73 223.02 Fr francium	74 226.03 Ra radium

The most commonly occurring elements in living organisms are:

6 C carbon	1 H hydrogen	8 O oxygen	7 N nitrogen
------------------	--------------------	------------------	--------------------

Other common elements are shaded in green.

relative atomic mass atomic number

1.01 1 H hydrogen

element name

transition-metals

21 44.96 Sc scandium	22 47.88 Ti titanium	23 50.94 V vanadium	24 52.00 Cr chromium	25 54.94 Mn manganese	26 55.85 Fe iron	27 58.93 Co cobalt	28 58.71 Ni nickel	29 63.55 Cu copper	30 65.38 Zn zinc
39 88.91 Y yttrium	40 91.22 Zr zirconium	41 92.91 Nb niobium	42 95.94 Mo molybdenum	43 98.91 Tc technetium	44 101.07 Ru ruthenium	45 102.91 Rh rhodium	46 106.42 Pd palladium	47 107.87 Ag silver	48 112.41 Cd cadmium
72 178.49 Hf hafnium	73 180.95 Ta tantalum	74 183.85 W tungsten	75 186.21 Re rhenium	76 186.21 Os osmium	77 192.22 Ir iridium	78 195.09 Pt platinum	79 196.97 Au gold	80 200.59 Hg mercury	

III IV V VI VII VIII

non-metals

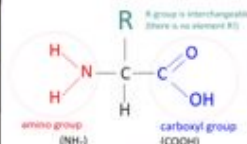
5 10.81 B boron	6 12.01 C carbon	7 14.01 N nitrogen	8 16.00 O oxygen	9 18.99 F fluorine	10 20.18 Ne neon
13 26.98 Al aluminum	14 28.09 Si silicon	15 30.97 P phosphorus	16 32.06 S sulphur	17 35.45 Cl chlorine	18 39.95 Ar argon
31 69.72 Ga gallium	32 72.59 Ge germanium	33 74.92 As arsenic	34 78.96 Se selenium	35 79.91 Br bromine	36 81.80 Kr krypton
49 114.82 In indium	50 118.69 Sn tin	51 121.75 Sb antimony	52 127.60 Te tellurium	53 126.90 I iodine	54 131.30 Xe xenon
81 204.37 Tl thallium	82 207.19 Pb lead	83 208.98 Bi bismuth	84 210.00 Po polonium	85 209.99 At astatine	86 222.02 Rn radon

Lanthanide and actinide elements (and 104 - 109) have been left off.

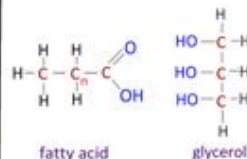
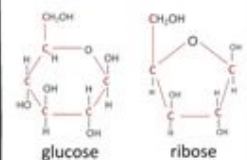
Organic Compounds

contain **carbon** and are found in **living organisms**.

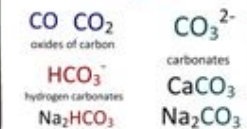
Some examples include:



amino acids



Some exceptions are:



Some elements are used universally in nature—though their uses can be diverse.

N⁷
nitrogen

Amino group of amino acids (the monomers of proteins)

Also used in chlorophyll.

S¹⁶
sulphur

Source of energy for chemosynthetic bacteria in hydrothermal vents.

Found in the R-Group of cysteine, an amino acid, and can form disulfide bridges in protein folding.

Na¹¹
sodium

Generate resting and action potentials in neurons.

Used in maintaining osmosis. Sodium is the main cation (positive ion) in blood plasma, potassium in cytoplasm.

Sodium-potassium pump is an example of active transport

K¹⁹
potassium

Extracellular component of bone matrix

Forms exoskeletons

Stimulates synaptic transmission between neurons

Used in muscle contraction

Fe²⁶
iron

Has a high affinity for oxygen

Used in hemoglobin and myoglobin to carry oxygen in blood and muscles

Used in ferredoxin in photosynthesis

electron carrier in some bacteria

P¹⁵
phosphorus

Phospholipids make up the plasma membrane.

Sugar-phosphate backbone of DNA structure.

Bonds between phosphate ions store energy in ATP.

phosphate bonds

Condensation reactions create bonds between organic molecules, making **polymers**.

Hydrolysis reactions break bonds.

example:

amino acids (monomers)

hydrolysis condensation

hydrolase used polymerase used

water in water out

dipeptide (polymer)

Resources used:

- Kent, M. *Advanced Biology*. Oxford University Press, 2000.
- Allott, A & Mindorf, D. *Biology Course Companion*. Oxford University Press, 2007.

Designed for the IB Biology course by Stephen Taylor

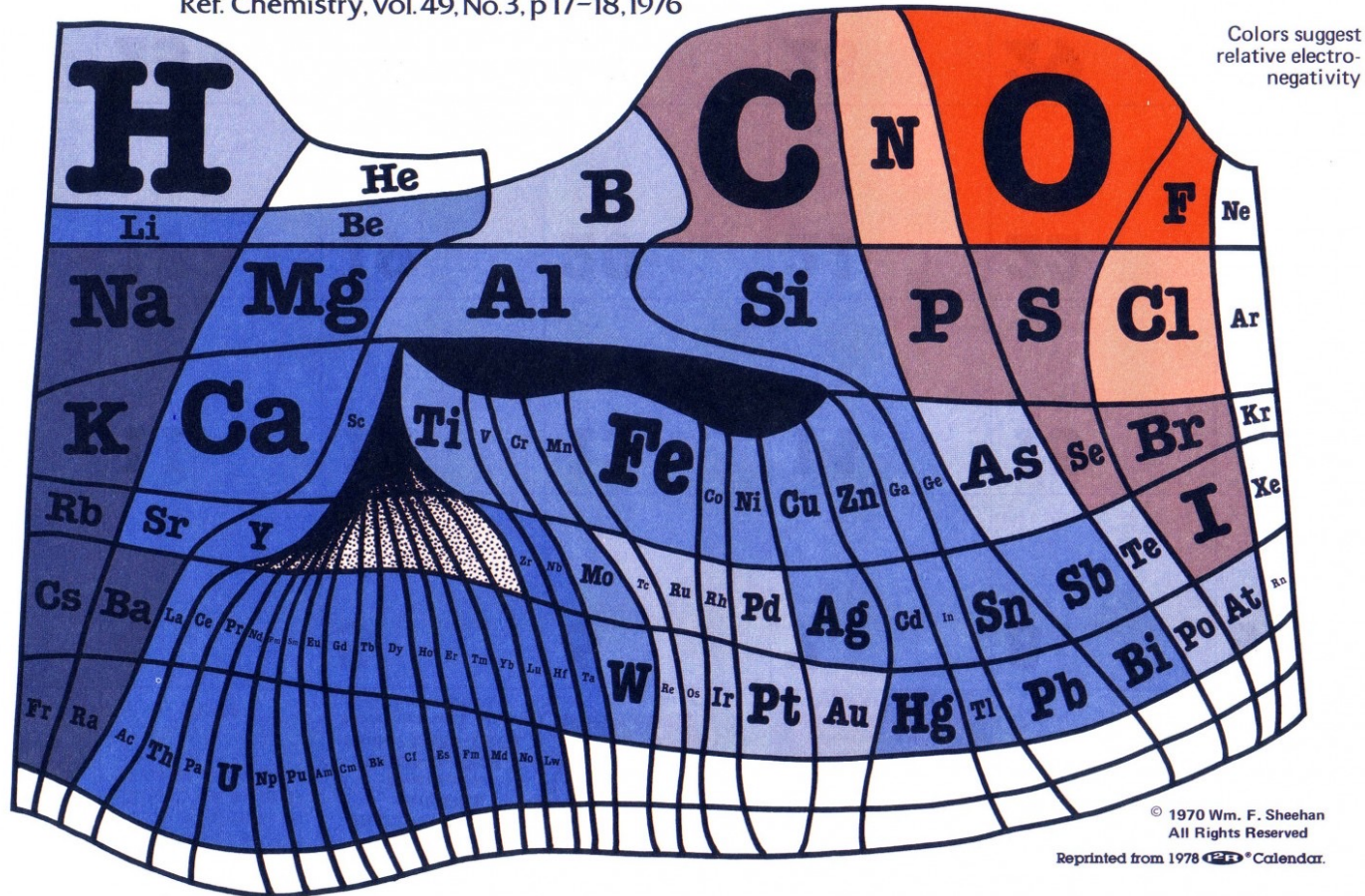
More resources: <http://i-biology.net>
Twitter: @BiologyStephen

This resource has been produced for FREE under a Creative Commons license. A Creative Commons license for BY-NC-ND has been used. For more information on this license, please visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Geologia

The Elements According to Relative Abundance

A Periodic Chart by Prof. Wm. F. Sheehan, University of Santa Clara, CA 95053
Ref. Chemistry, Vol. 49, No. 3, p 17-18, 1976



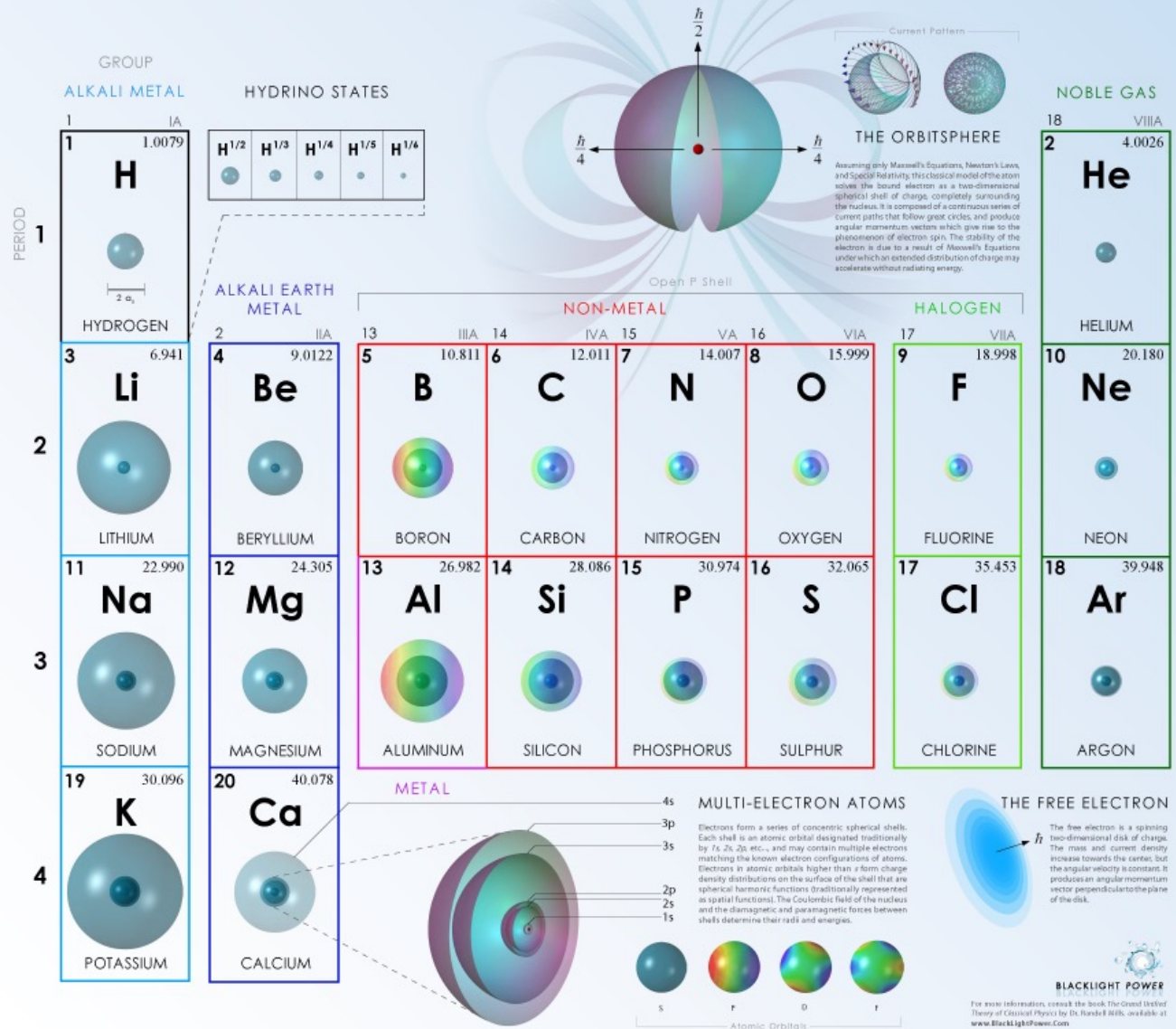
Roughly, the size of an element's own niche ("I almost wrote square") is proportioned to its abundance on Earth's surface, and in addition, certain chemical similarities (e.g., Be and Al, or B and Si) are sug-

gested by the positioning of neighbors. The chart emphasizes that in real life a chemist will probably meet O, Si, Al, . . . and that he better do something about it. Periodic tables based upon elemental abundance would, of course, vary from planet to planet. . . W.F.S.

NOTE: TO ACCOMMODATE ALL ELEMENTS SOME DISTORTIONS WERE NECESSARY, FOR EXAMPLE SOME ELEMENTS DO NOT OCCUR NATURALLY.

Fisica

PERIODIC TABLE OF ELEMENTS OF THE FIRST TWENTY-ELECTRON-ATOMS SOLVED WITH THE GRAND UNIFIED THEORY OF CLASSICAL PHYSICS



Matematica

Mathematical Expression of Mendeleev's Periodic Law

By Valery Tsimmerman

February 15, 2012

Mendeleev's dream of finding mathematical expression of his Periodic Law has finally come true. Here it is:

Periodic Law: $Z=A+g$

Where **A** represents atomic numbers of alkaline earth metals that can be expressed by following formula:

$$A = \left(\frac{p^3 + 3p^2 + 2p}{6} \right) \left| \cos \frac{p\pi}{2} \right| + \left(\frac{p^3 + 3p^2 + 5p + 3}{6} \right) \left| \sin \frac{p\pi}{2} \right|$$

and **g** is an integer representing groups of elements that has following boundaries: $(1 - L) \leq g \leq 0$

Term **L** represents period lengths and can be found from the following formula:

$$L = \left(\frac{p^2}{2} \right) \left| \cos \frac{p\pi}{2} \right| + \left(\frac{p^2 + 2p + 1}{2} \right) \left| \sin \frac{p\pi}{2} \right| \quad \text{representing period lengths.}$$

Term $p=1,2,3,4,\dots$ represents periods in all formulae.

Formula $Z=A+g$ assigns He(2) with Alkaline Earth metals. Helium could be treated as a special case and assigned with noble gases if lower boundary of term g was violated: $g=(-L)$ for $p=2$. Similarly, Mg could be placed next to Zn if $g=(-L)$ and $p=4$. Therefore, placing Helium in the same group with Ne, Ar, Kr, etc. is an example of a special case that can be regarded as Periodic Law violation.

Conclusion:

All groups and periods of the periodic system of chemical elements can be mathematically recreated by solving the above equations for $p=1,2,3,\dots$

Valery Tsimmerman

La Tavola Periodica non è solo scienza

La sua forma è usata per ordinare ogni tipo di "cose"

U.S. Presidents Periodic Table

2 A John Adams																	1 Gw George Washington			
10 Ty John Tyler	13 Fm Millard Fillmore											12 Ta Zachary Taylor	4 Ma James Madison	5 Mo James Monroe	6 Q John Quincy Adams	3 J Thomas Jefferson				
32 Fr Franklin D. Roosevelt	35 K John F. Kennedy	"Tecumseh's Curse" Elected in year ending in zero, died in office										Johnsons		Bushes		9 Ha William Henry Harrison	20 Ga James Garfield	25 Mk William McKinley	29 Hg Warren G. Harding	16 L Abraham Lincoln
7 Ja Andrew Jackson	22 Cv Grover Cleveland	24 Cv Grover Cleveland	28 Wi Woodrow Wilson	33 T Harry S. Truman	36 Jo Lyndon B. Johnson	42 C Bill Clinton	43 W George W. Bush	18 G Ulysses S. Grant	34 E Dwight D. Eisenhower	37 N Richard Nixon	30 Co Calvin Coolidge	40 R Ronald Reagan	26 Tr Theodore Roosevelt							
8 Vb Martin Van Buren	11 Pk James K. Polk	14 Pr Franklin Pierce	15 Bc James Buchanan	39 Ca Jimmy Carter	17 Jn Andrew Johnson	19 Hy Rutherford B. Hayes	41 Bh George H.W. Bush	21 Ar Chester A. Arthur	23 Hs Benjamin Harrison	27 Ta William Howard Taft	31 Hv Herbert Hoover	38 Fd Gerald Ford								
44 O Barack Obama																				

Color key:

Whig	Federalist
Democratic-Republican	
Democratic	Republican
Died in office	

- ◆ Dynastic president: related to another president
- \$ Presidents appearing on (currently circulated) paper U.S. currency
- i Impeached (but acquitted)
- x Resigned from office
- ↑ Ascended to presidency without being elected to presidency or vice presidency

La sua forma è usata per ordinare ogni tipo di "cose"

The Periodic Table of Meat

1 B Bacon											2 H Hamburger						
3 P Pork chops	4 Bb Baby back ribs											5 Bk Blackened fish	6 Gf Grilled fish	7 Bf Baked fish	8 Ff Fried fish	9 Mb Meatballs	10 Sg Sausage
11 Pl Pork loin	12 Sr Spare ribs											13 Sh Sashimi	14 Im Shrimp	15 Sl Shellfish	16 Sq Squid	17 Ci Chili	18 Sj Sloppy joe
19 Cu Pork cutlet	20 Hh Hamhock	21 Ha Steed ham	22 Ca Capicola	23 Cd Corned beef	24 Tp Beef tri-tip	25 Bs Beef sausage	26 R Beef ribs	27 Kb Kobe	28 Rt Poi roast	29 Cr Crab	30 Tu Tuna	31 Lb Lobster	32 Pg Chicken Parmigiana	33 Tm Chicken teriyaki	34 Fg Chicken fingers	35 Ng Chicken nuggets	36 Fr Fried chicken
37 Ro Pork roast	38 Cz Chorizo	39 Ch Christmas ham	40 Mr Morbidella	41 Rb Roast beef	42 He Head cheese	43 Td Beef tenderloin	44 S T-bone steak	45 Fm Filet Mignon	46 Sf Stroganoff	47 St Beef stew	48 Cb Chicken cordon bleu	49 C Grilled chicken	50 Gt General Tso's chicken	51 Ty Teriyaki chicken	52 Jm Jamaican jerk	53 W Buffalo wings	54 Q BBQ chicken
55 Pp Pulled pork	56 Ap Al pastor	57 Z Zungenwurst	58 Rs Prosciutto	59 Pm Pastrami	60 Cw Cow tongue	61 Pr Pepper steak	62 Tt Steak Tartare	63 Si Strip steak	64 Md Mandarin beef	65 Bt Bisteek	66 Cs Chicken cacciatore	67 Re Rostisera chicken	68 Tr Tandoori	69 K Kabobs	70 Gb Gumbo	71 Sp Spam	72 Pe Pepperoni
73 Gr Ground pork	74 Ct Carnitas	75 Fe Pig's feet	76 Pt Pancetta	77 Gy Gyro	78 Fi Steak fingers	79 Sy Salisbury steak	80 Cf Chicken fried steak	81 Ry Ribeye	82 Sw Shawarma	83 J Beef jerky	84 D Duck	85 Th Thanksgiving turkey	86 T Sliced turkey	87 Sm Summer sausage	88 Bg Bologna	89 Lf Pimento loaf	90 Hd Hot dogs

Red Meat
 Seafood
 The Noble Meats

Poultry
 Mixed
 Cold Cuts

Steaks
 Gamey

Key Meat Facts:

- Bacon is the "meat of life." Without bacon, life on earth as we know it could not exist
- Noble Meats are named as such because they rate the highest on the Glanburg "Yumminess Scale." Lowest-ranking meats include Pig's feet, Spam and Roadkill
- Meats occur in two basic forms: boned and boneless
- Basic chemical formulas: H₂B = Bacon Double Cheeseburger; ThReD = Turducken; HaRbT = Cold Cut Trio; HdQH = A Barbeque, FrCiB = Heart attack

91 Bn Bacon	92 Ek Elk	93 L Lamb	94 Go Goat	95 Kl Roadkill	96 Bh Bushmeat
97 Dr Deer	98 Ra Rabbit	99 Wb Wild boar	100 O Ostrich	101 E Emu	102 G Gator

THE
W I N E
T A B L E

Tungsten Iodine Neon

Chardonnay

KEY

- Wine Number
- Wine Grapes
- Wine Style
- Wine Name

WINE STYLES

- Zesty, dry White
- Light-bodied Red
- Even White
- Medium-bodied, Textured Red
- Full, rich White
- Rich-bodied, rich Red
- Sparkling
- Recent, limited

La sua forma è usata per ordinare ogni tipo di "cose"

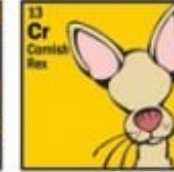
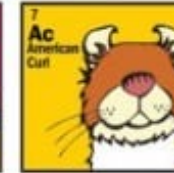
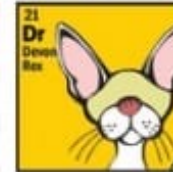
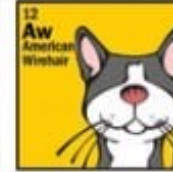
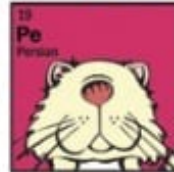
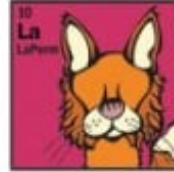
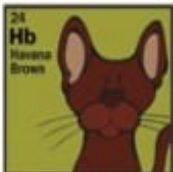
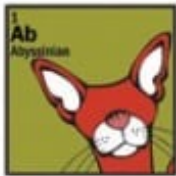
THE CAT

TABLE

OF THE FELIS CATUS

KEY:

- SHORTHAIRED
- LONGHAIRD & SEMI LONGHAIRD
- MUTATIONS



La sua forma è usata per ordinare ogni tipo di "cose"

PERIODIC TABLE OF AIRLINES

Compiled from eDreams customers reviews since 2009

RANKING OF AIRLINE — 1 4,49 — OVERALL RATING

1 4,49

SQ

IATA CODE

Singapore Airlines



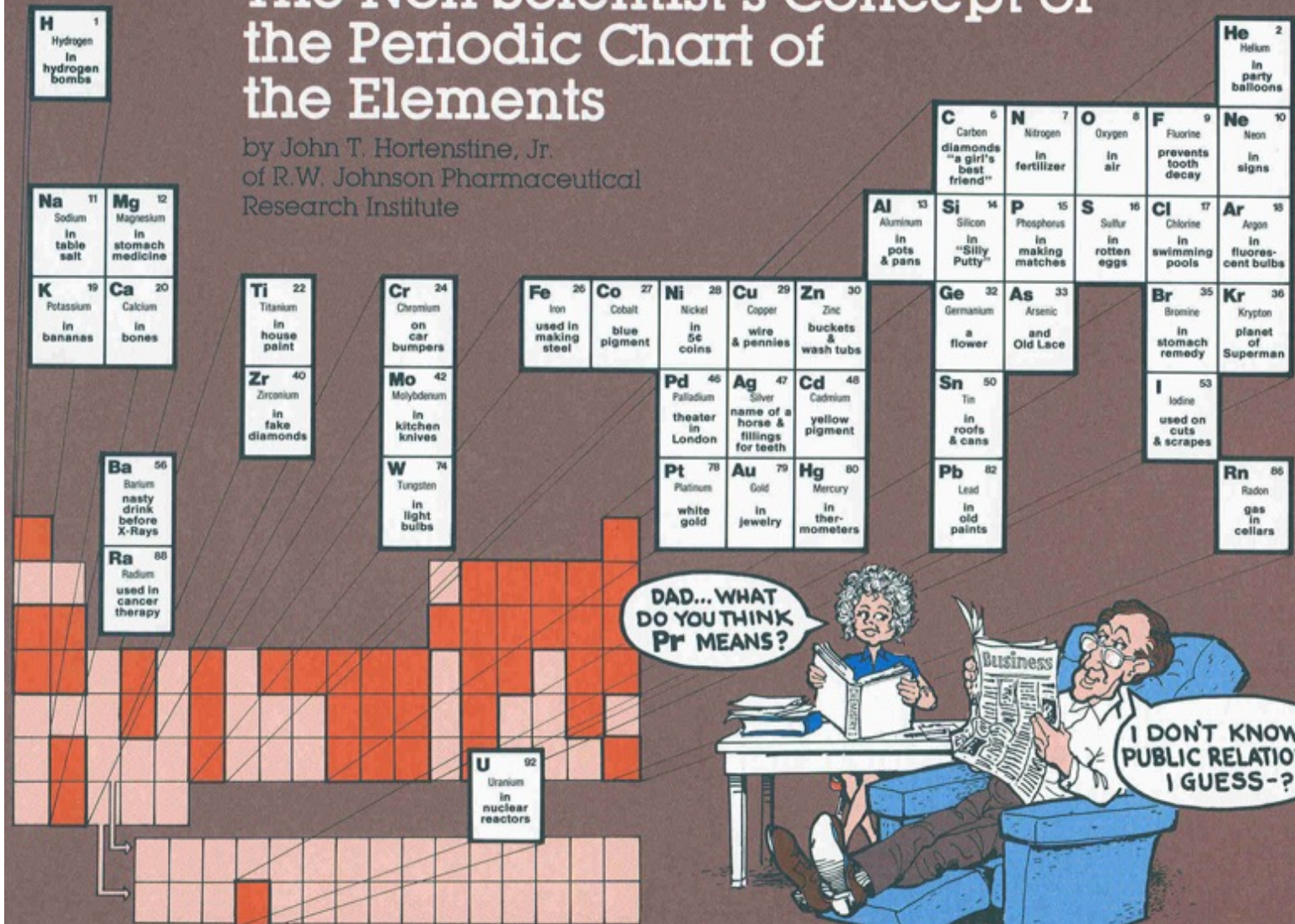
1 4,49 SQ Singapore Airlines																				2 4,40 F7 Darin Airline					
3 4,40 TG Thai Airways	4 4,36 HG NKG																				5 4,35 EY Etihad Airways	6 4,32 A3 Aegean Airlines	7 4,30 EK Emirates	8 4,28 QR Qatar Airways	9 4,27 PG Bangkok Airways
10 4,26 TK Turkish Airlines	11 4,24 NT Binter Canarias																				12 4,21 LX Swiss International	13 4,19 OS Austrian Airlines	14 4,18 AB Air Berlin	15 4,18 KM Air Malta	16 4,17 LG Luxair
17 4,15 LH Lufthansa	18 4,13 OA Olympic Air	19 4,12 RJ Royal Jordanian	20 4,12 IF Isas Airways	21 4,12 VN Vietnam Airlines	22 4,09 4U Germanwings	23 4,08 KU Kuwait Airways	24 4,08 I9 Air Italy	25 4,07 AY Finnair	26 4,06 S4 Sata International	27 4,05 V3 Caspair	28 4,05 B2 Belavia	29 4,04 RO Tarom	30 4,04 XK Air Corsica												
31 4,03 9U Air Moldova	32 4,03 9W Jet Airways	33 4,02 JP Adria Airways	34 4,02 OU Croatia Airlines	35 4,01 OK Czech Airlines	36 4,00 LO LOT	37 3,99 KL KLM	38 3,99 TA Taca	39 3,97 AV Aviaco	40 3,97 FB Bulgaria Air	41 3,97 PS Ukraine International	42 3,97 MH Malaysian Airlines	43 3,96 TP TAP Portugal	44 3,96 BA British Airways												
45 3,95 BD British Midland	46 3,94 AF Air France	47 3,94 AZ Alitalia	48 3,93 JJ TAM Linhas Aereas	49 3,93 AP Air One	50 3,92 ZI Aigle Azur	51 3,90 AM Aeromexico	52 3,88 LY El Al Israel Airlines	53 3,87 MS Egyptair	54 3,87 LA LAN Airlines	55 3,84 SK Scandinavian Airlines	56 3,83 FI Icelandair	57 3,83 TX Air Carabes	58 3,82 QS Smart Wings												
59 3,82 FV Flyria Airlines	60 3,82 SN Brussels Airlines	61 3,82 AC Air Canada	62 3,82 S7 Siberia Airlines	63 3,80 EI Aer Lingus	64 3,78 SA South African Airways	65 3,77 JU JAT	66 3,77 ET Ethiopian Airlines	67 3,75 YM Montenegro Airlines	68 3,74 UX Air Europa	69 3,73 SS Corsair	70 3,72 HV Transavia	71 3,69 SU Aeroflot	72 3,67 ZB Monarch												
73 3,67 VS Virgin Atlantic	74 3,61 IG Mendota	75 3,59 DL Delta	76 3,58 DE Condor Flugdienst	77 3,58 IB Iberia	78 3,56 TU Turkish Airlines	79 3,54 VY Vueling	80 3,54 IV Wind Jet																		
81 3,54 UA United Airlines	82 3,54 CZ China Southern Airlines	83 3,54 TS Air Transat	84 3,52 GF Gulf Air	85 3,51 BE Flybe	86 3,46 PU Plus Ultra Airways	87 3,45 MU China Eastern Airlines	88 3,45 VV Aerovot Airlines	89 3,41 AA American Airlines	90 3,40 BV Blu Express																
91 3,40 US US Airways	92 3,38 BT Air Baltic	93 3,38 AR Aerolineas Argentinas	94 3,33 AT Royal Air Maroc	95 3,31 U2 Easyjet	96 3,27 CA Air China Limited	97 3,23 5L Aerovot	98 3,17 FR Ryanair	99 3,11 AH Air Algérie	100 2,74 S3 Sarta Barbara Airlines																



Tavole Periodiche per ogni gusto

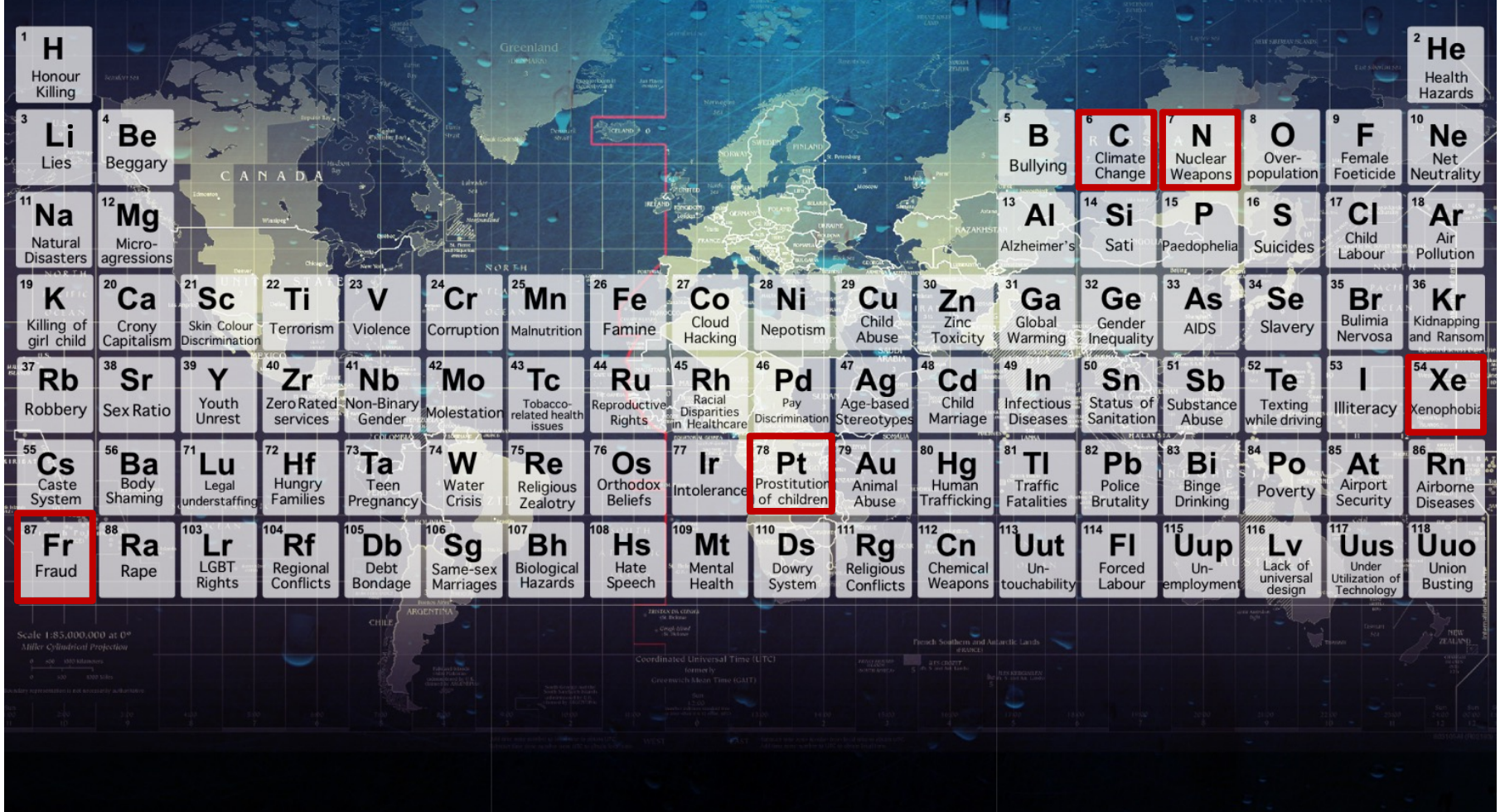
The Non Scientist's Concept of the Periodic Chart of the Elements

by John T. Hortenstine, Jr.
of R.W. Johnson Pharmaceutical
Research Institute



Tavole Periodiche per ogni gusto

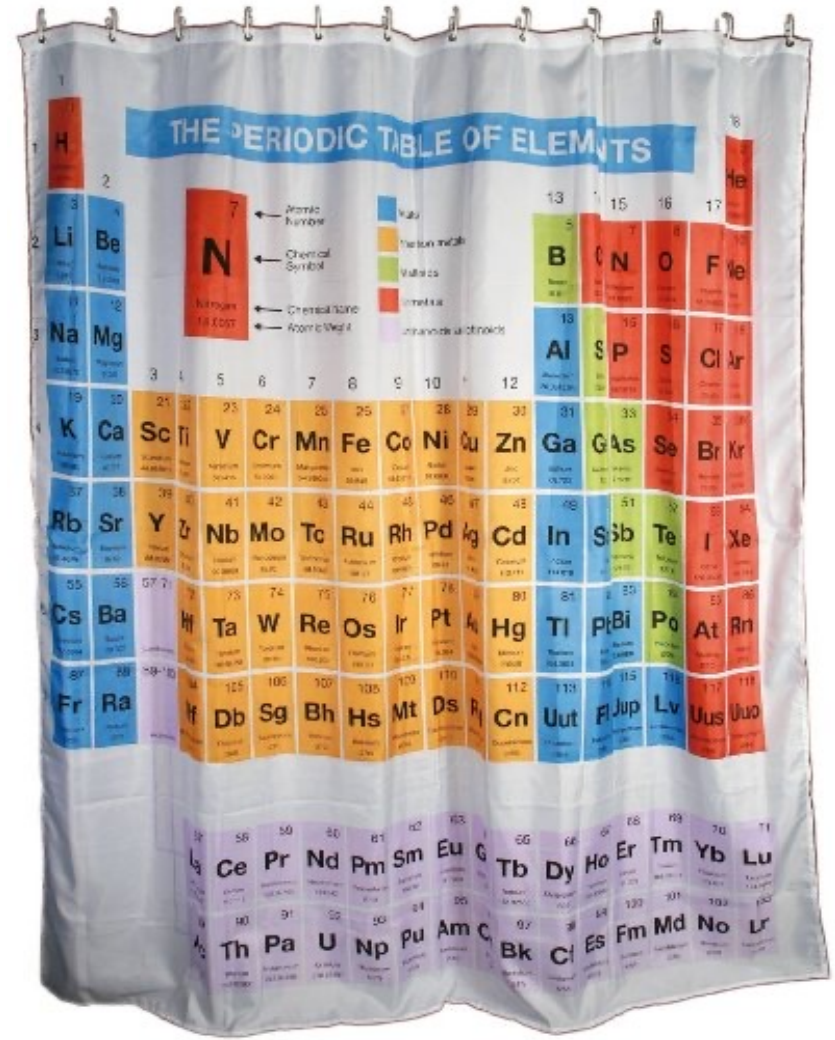
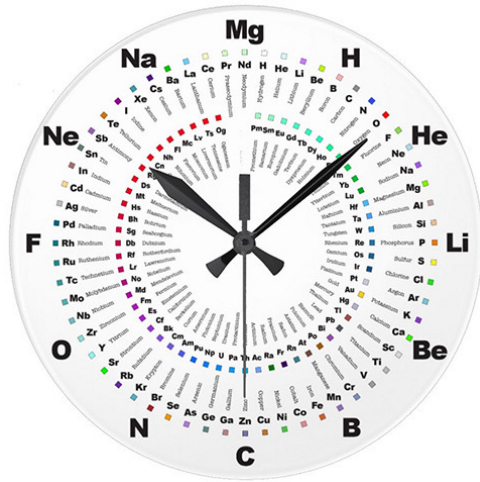
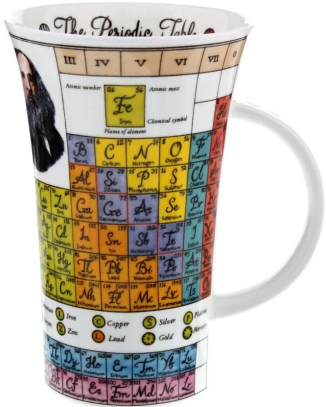
The Periodic Table by Inserting 90 Global Issues created by Kaanchi Chopra: each symbol abbreviates a relevant social problem affecting the world today



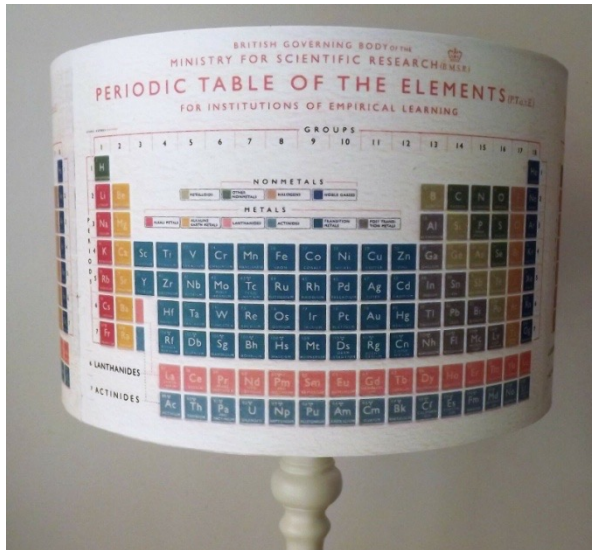
Oggetti che riproducono la Tavola Periodica



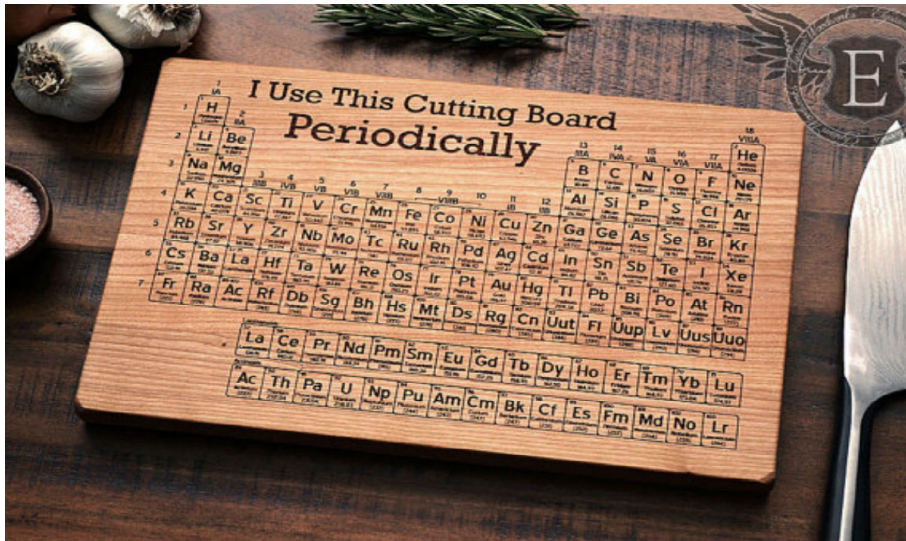
Oggetti che riproducono la Tavola Periodica



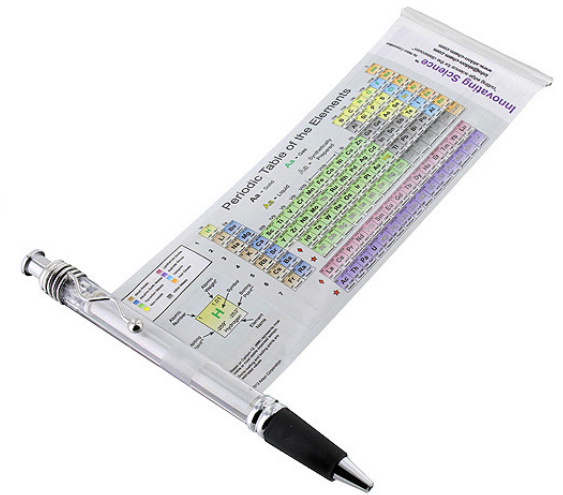
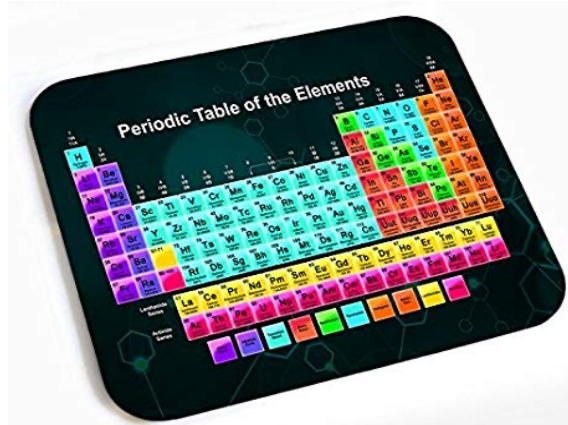
Shower curtain



Oggetti che riproducono la Tavola Periodica



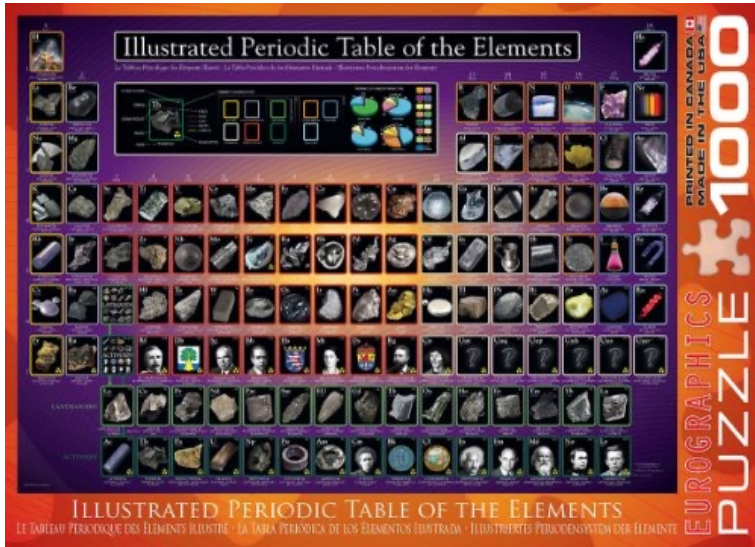
Oggetti che riproducono la Tavola Periodica



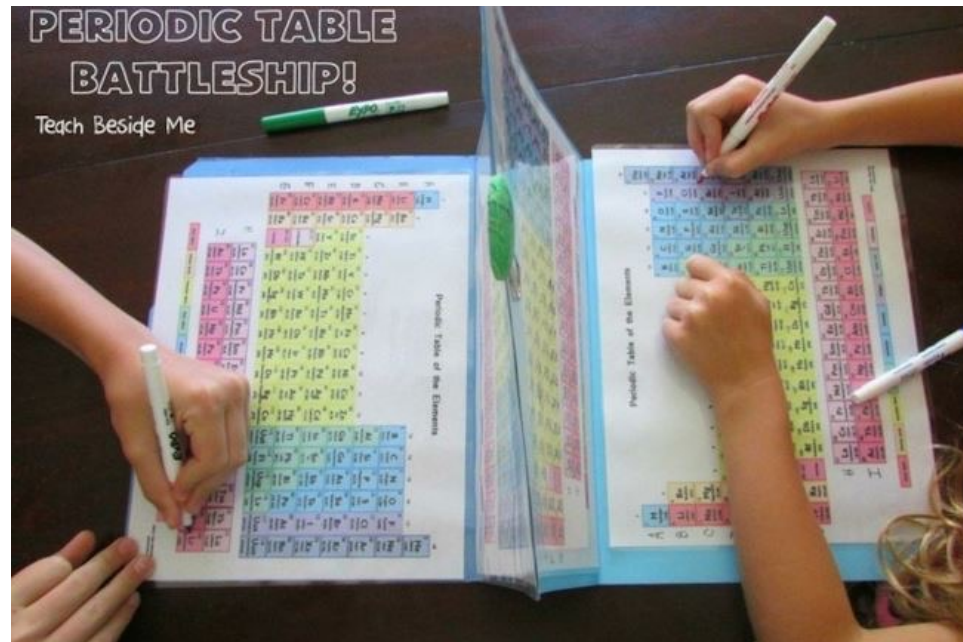
Oggetti che riproducono la Tavola Periodica



Oggetti che riproducono la Tavola Periodica

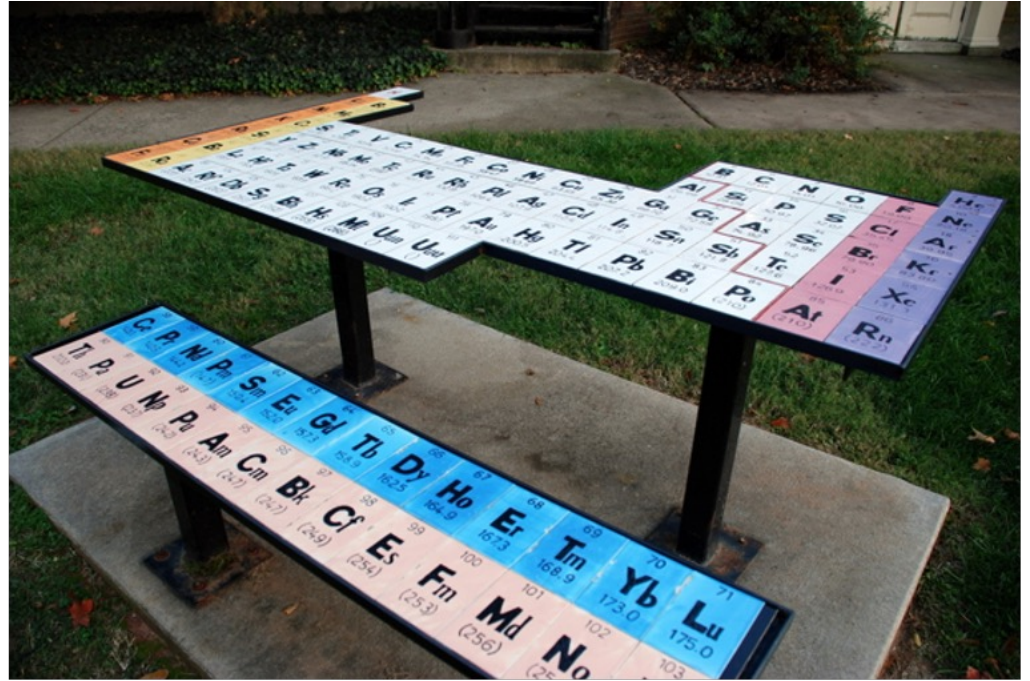


Playing cards



Oggetti che riproducono la Tavola Periodica

Una Tavola Periodica
su cui mangiare

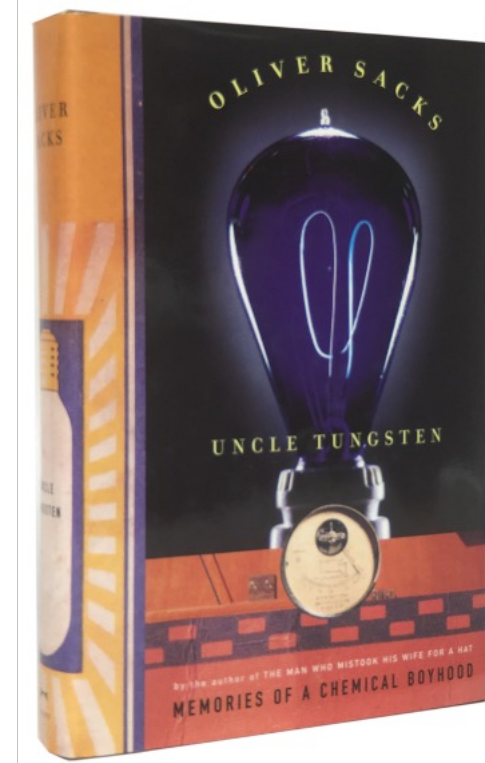
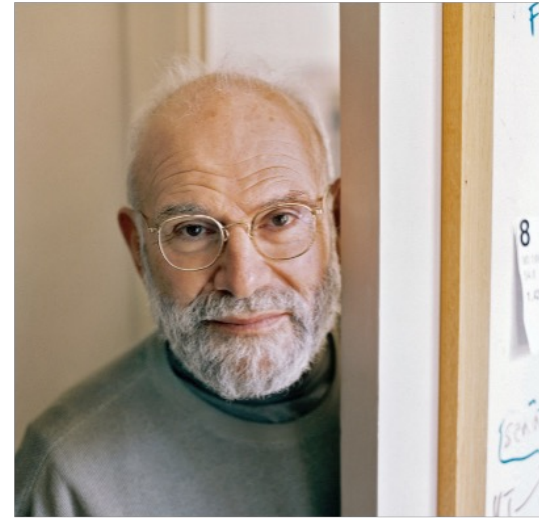


Una "dolce" Tavola
Periodica da mangiare

Oliver Sacks ha detto

**La Tavola Periodica è
la scoperta più
importante nella
storia della Scienza:
ogni cosa al suo posto**

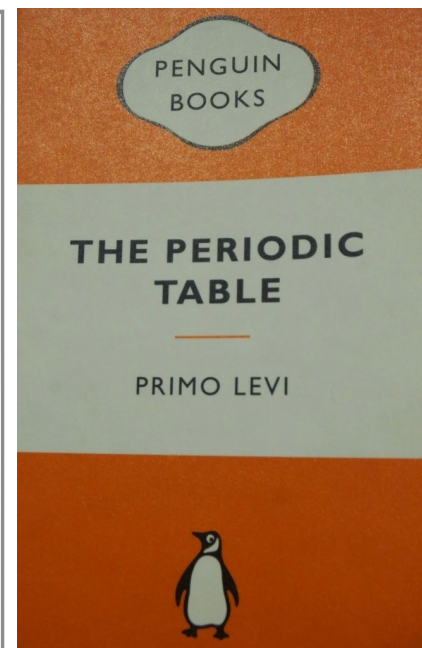
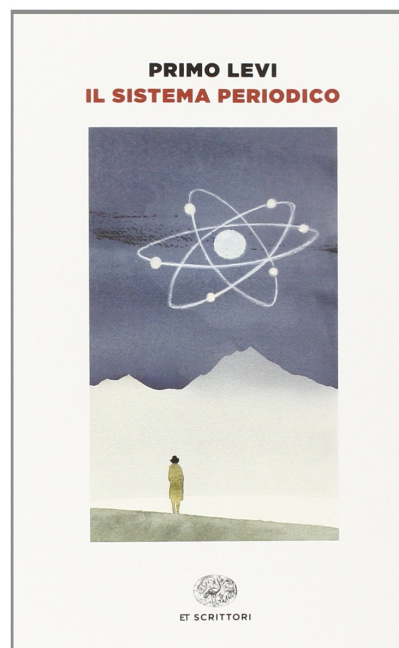
New York Times, April 18, 1999



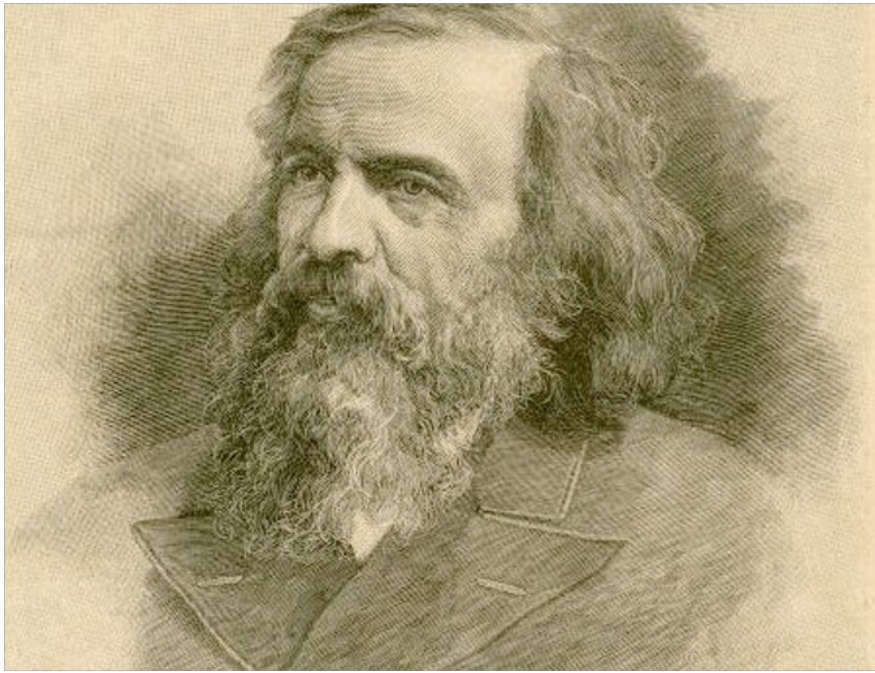
1975



Primo Levi (1919 - 1987)



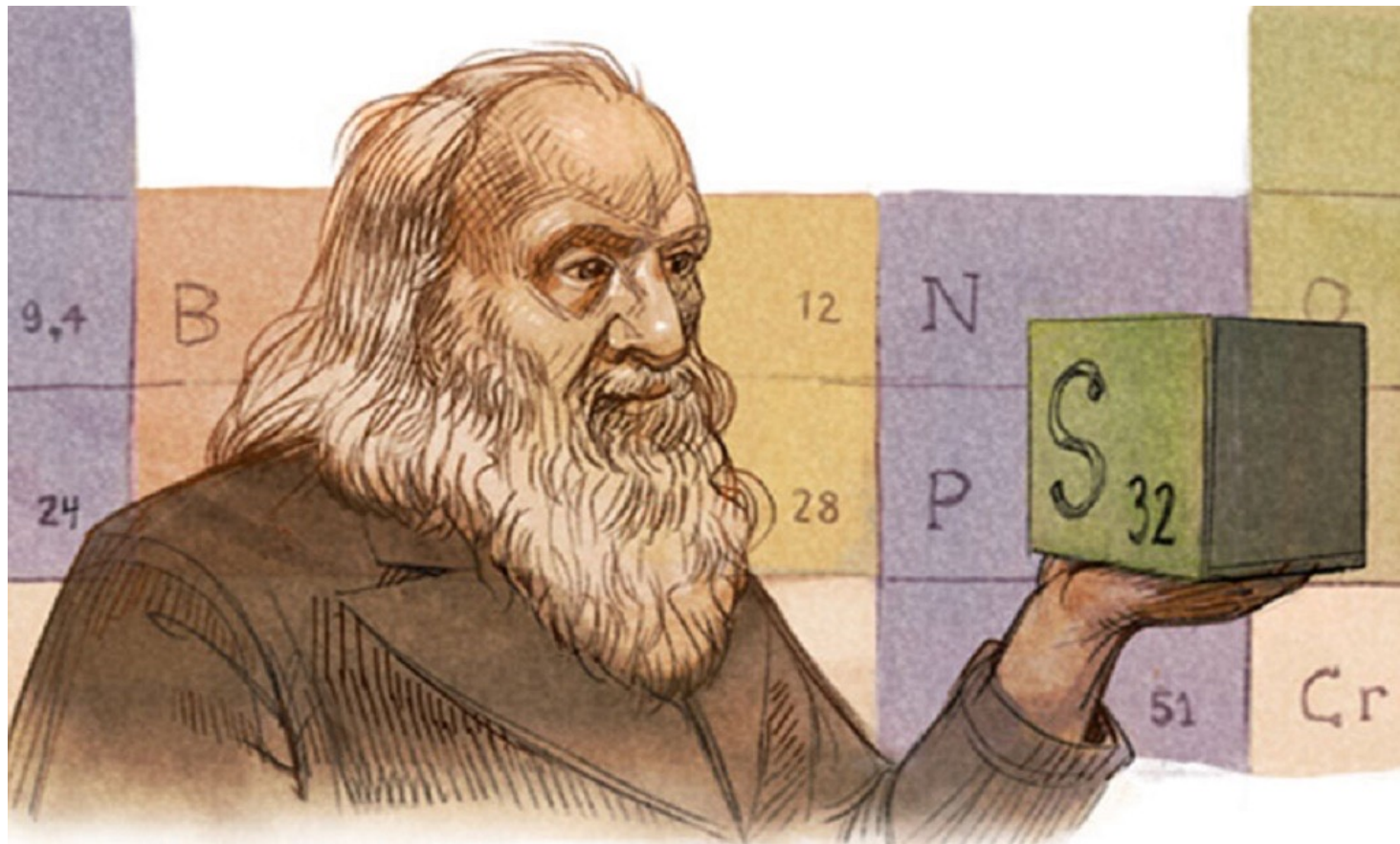
Royal Society of Chemistry: il miglior libro di scienza mai scritto; Levi cuce parole e cuce molecole



Historical and Public Figures Collection
New York Public Library Archives

**Dmitry Mendeleev è
considerato il padre
della Tavola Periodica**

**La costruzione della Tavola Periodica ha
richiesto molto tempo e il coinvolgimento di
molti scienziati**



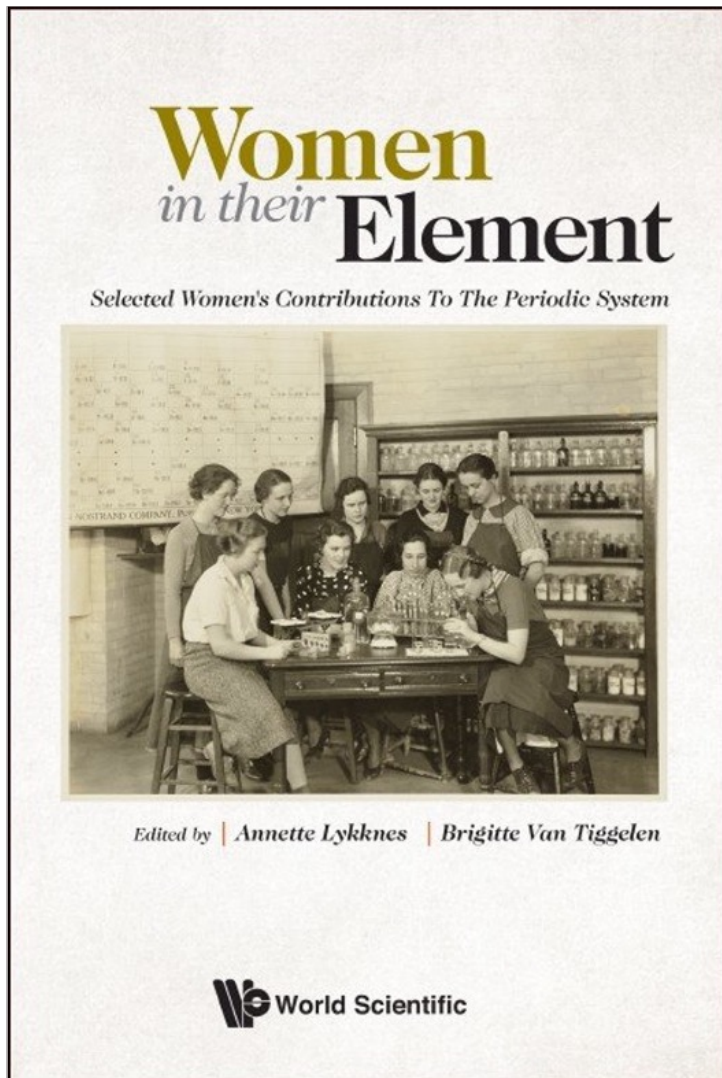
**Ha usato la sua tavola per predire
l'esistenza e le proprietà di elementi a quel
tempo sconosciuti lasciando delle caselle
vuote in opportune posizioni**

La Tavola Periodica è un documento
"vivo" che continua a crescere con la
scoperta e/o la sintesi di nuovi
elementi

La "Tavola Periodica" ha cominciato a
"popolarsi" a partire dal 1718, anno in
cui furono scoperti i primi elementi:
è una storia che copre 300 anni

Un video che dura 99 secondi:
<https://youtu.be/7kCCWWtCrpA>

Chi ha contribuito a far crescere la Tavola Periodica?



This book, published in August 2019, offers an original viewpoint on the history of the Periodic Table: a collective volume with short illustrated papers on women and their contribution to the building and the understanding of the Periodic Table and of the elements themselves

IUPAC Periodic Table of the Elements

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	Key: atomic number Symbol name conventional atomic weight standard atomic weight										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 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, 35.457]	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	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 126.90	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	85 At astatine	86 Rn radon
87 Fr francium	88 Ra radium	89-103 actinoids	104 Rf rutherfordium	105 Db dubnium	106 Sg seaborgium	107 Bh bohrium	108 Hs hassium	109 Mt meitnerium	110 Ds darmstadtium	111 Rg roentgenium	112 Cn copernicium	113 Nh nihonium	114 Fl flerovium	115 Mc moscovium	116 Lv livermorium	117 Ts tennessine	118 Og oganeson



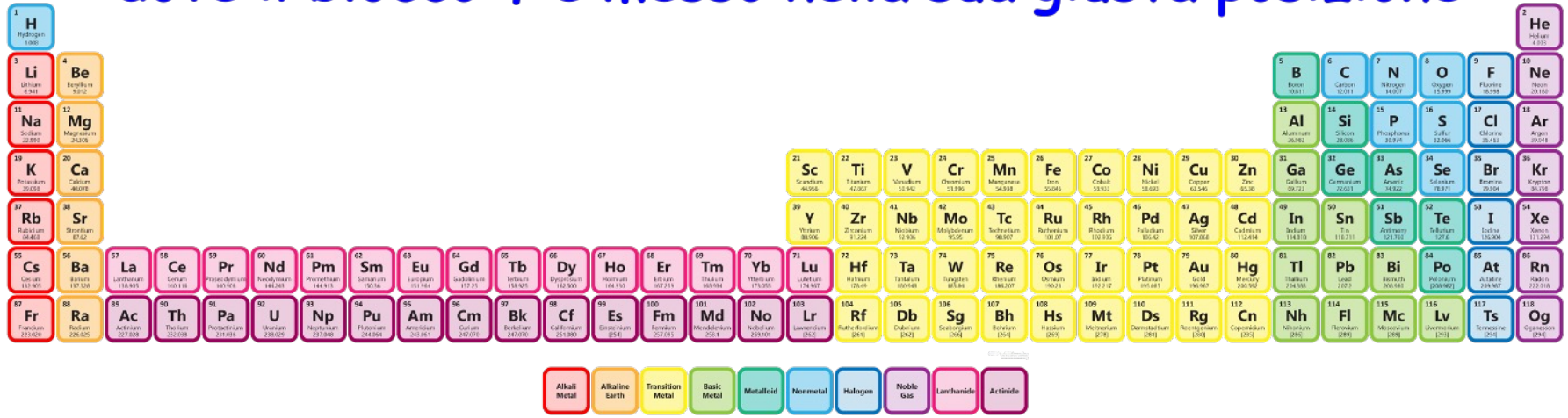
57 La lanthanum 138.91	58 Ce cerium 140.12	59 Pr praseodymium 140.91	60 Nd neodymium 144.24	61 Pm promethium	62 Sm samarium 150.36(2)	63 Eu europium 151.96	64 Gd gadolinium 157.25(3)	65 Tb terbium 158.93	66 Dy dysprosium 162.50	67 Ho holmium 164.93	68 Er erbium 167.26	69 Tm thulium 168.93	70 Yb ytterbium 173.05	71 Lu lutetium 174.97
89 Ac actinium	90 Th thorium 232.04	91 Pa protactinium 231.04	92 U uranium 238.03	93 Np neptunium	94 Pu plutonium	95 Am americium	96 Cm curium	97 Bk berkelium	98 Cf californium	99 Es einsteinium	100 Fm fermium	101 Md mendelevium	102 No nobelium	103 Lr lawrencium

For notes and updates to this table, see www.iupac.org. This version is dated 28 November 2016.
Copyright © 2016 IUPAC, the International Union of Pure and Applied Chemistry.

Oltre alla Tavola Periodica "ufficiale" esistono
altre versioni scientifiche

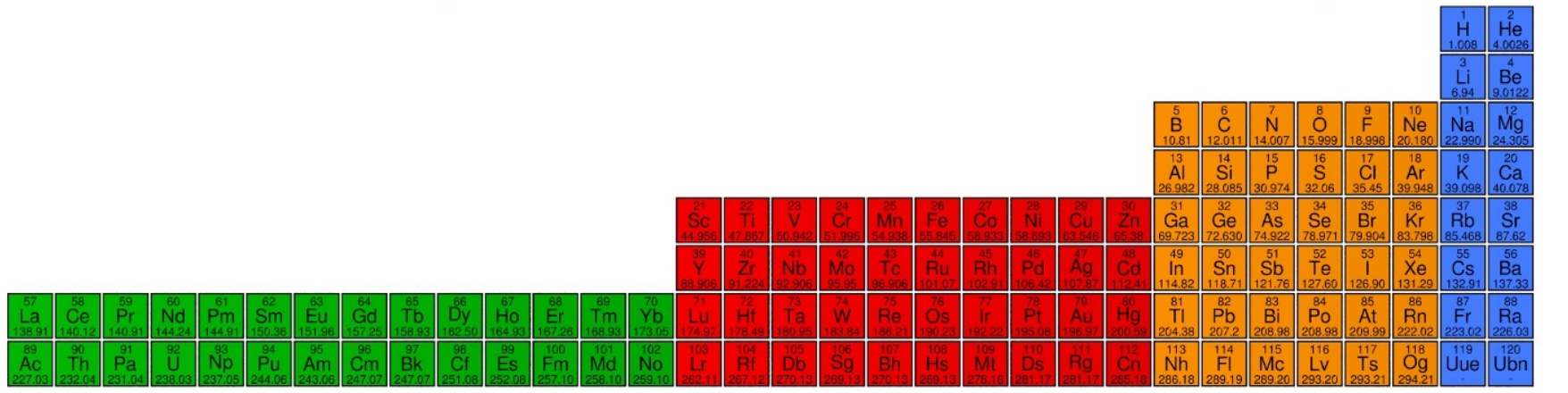
La Tavola Periodica estesa

dove il blocco-f è messo nella sua giusta posizione



La Tavola Periodica Janet

che è basata sugli orbitali atomici e sul loro riempimento



Tavole Periodiche con forme "esotiche"

A circular periodic table of elements. The elements are arranged in concentric rings. The outermost ring contains elements from Hydrogen (H) to Oganesson (Og). The inner rings contain elements from Lithium (Li) to Francium (Fr). The table is color-coded by groups: Group 1 (purple), Group 2 (orange), Groups 13-18 (yellow, green, blue, cyan, magenta), and Groups 19-20 (red, pink). Dashed arrows indicate trends in atomic radius, ionization energy, and electronegativity.

A 3D ribbon-style periodic table of elements. The elements are arranged in a spiral shape. The ribbon is color-coded by groups: Group 1 (purple), Group 2 (orange), Groups 13-18 (yellow, green, blue, cyan, magenta), and Groups 19-20 (red, pink). The elements are labeled with their symbols and names.

A 3D ribbon-style periodic table of elements. The elements are arranged in a spiral shape. The ribbon is color-coded by groups: Group 1 (purple), Group 2 (orange), Groups 13-18 (yellow, green, blue, cyan, magenta), and Groups 19-20 (red, pink). The elements are labeled with their symbols and names. Small images of the elements are included. The table is titled "PERIODIC TABLE: ALEXANDER ARRANGEMENT OF ELEMENTS".

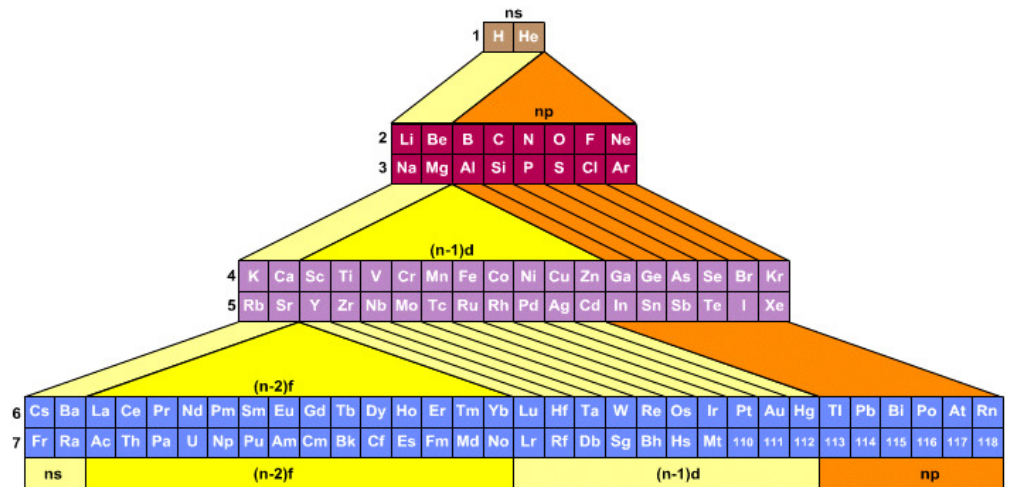
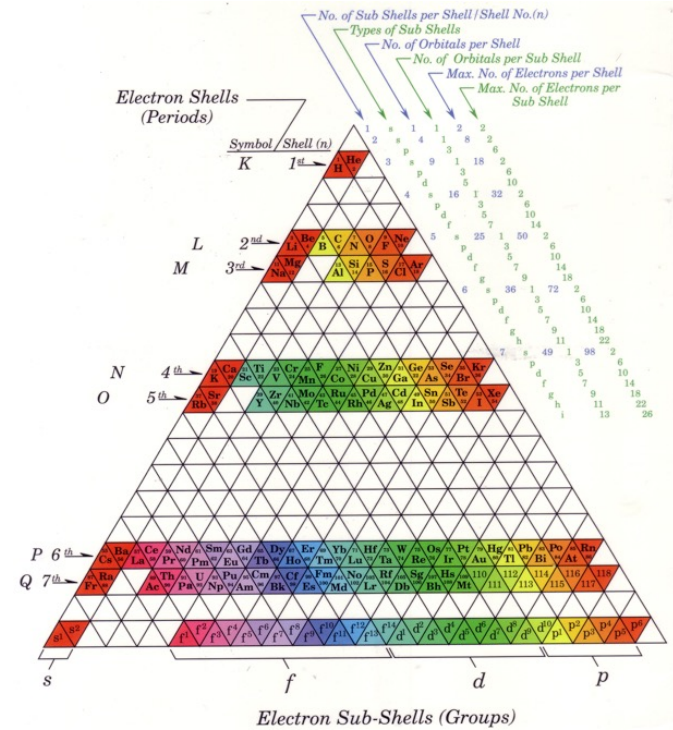
A 3D ribbon-style periodic table of elements. The elements are arranged in a spiral shape. The ribbon is color-coded by groups: Group 1 (purple), Group 2 (orange), Groups 13-18 (yellow, green, blue, cyan, magenta), and Groups 19-20 (red, pink). The elements are labeled with their symbols and names. A legend indicates the state of matter: SOLID (blue), LIQUID (red), GAS (green), and UNKNOWN (grey). The table is titled "The Periodic Table" and "STATE OF MATTER (at standard conditions: 0 °C and 1 atm)".

Tavole Periodiche con forme "esotiche"

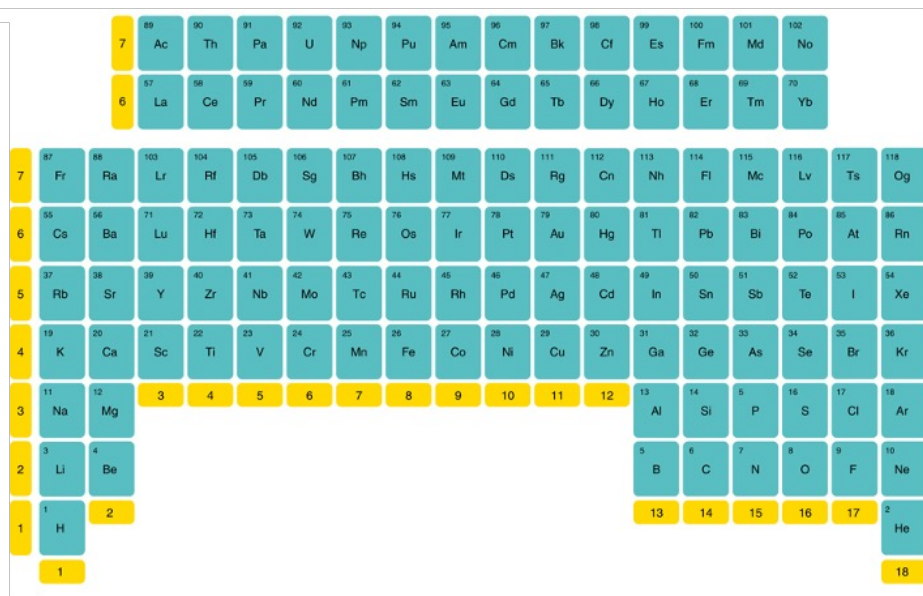
Pyramidal periodic table

■ Alkali metals	■ Halogens
■ Alkaline earth metals	■ Noble gases
■ Nonmetals	■ D block metals
■ Metalloids	■ Lanthanides
■ P block metals	■ Actinides

	1	2																				
	H	He																				
	3	4															11	12				
	Li	Be															Na	Mg				
	19	20															37	38				
	K	Ca															Rb	Sr				
	55	56															87	88				
	Cs	Ba															Fr	Ra				
	87	88															113	114	115	116	117	118
	Fr	Ra															Uut	Uuq	Uup	Uuq	Uus	Uuo
5	6	7	8	9	10																	
B	C	N	O	F	Ne																	
13	14	15	16	17	18																	
Al	Si	P	S	Cl	Ar																	
31	32	33	34	35	36																	
Ga	Ge	As	Se	Br	Kr																	
49	50	51	52	53	54																	
In	Sn	Sb	Te	I	Xe																	
81	82	83	84	85	86																	
Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn																	
113	114	115	116	117	118																	
Uut	Uuq	Uup	Uuq	Uus	Uuo																	
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30													
Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn													
39	40	41	42	43	44	45	46	47	48													
Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd													
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80													
Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg													
103	104	105	106	107	108	109	110	111	112													
Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn													
57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70									
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb									
89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102									
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No									



Una Tavola Periodica "rovesciata"



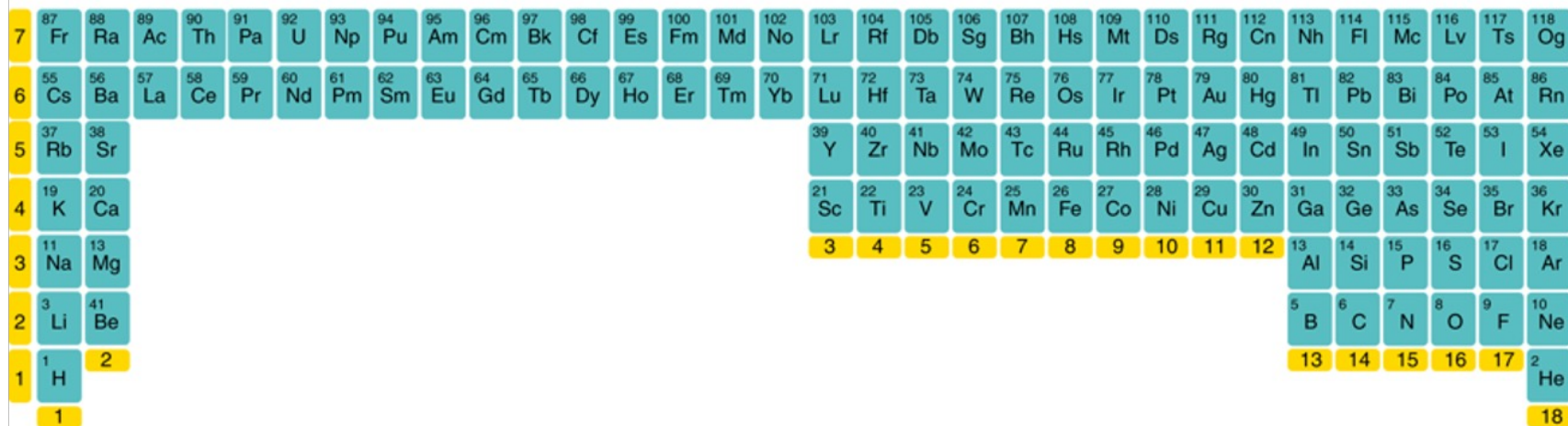
A periodic table oriented upside down. The top row (row 7) contains elements 89-102, and the bottom row (row 1) contains elements 1-2. The table is divided into two main sections by a gap. The left section contains elements 87-118, and the right section contains elements 103-118. The elements are arranged in rows, with the atomic number increasing from top to bottom and from left to right. The elements are color-coded: yellow for the first and last elements of each row, and light blue for the others.

Turning the periodic table upside down

The periodic table is immensely powerful for rationalizing many different properties of the chemical elements, but would turning it on its head make some important aspects easier to understand and give everyone a new perspective on chemistry?

Martyn Poliakoff, Alexis D. J. Makin, Samantha L. Y. Tang and Ellen Poliakoff

Nature Chemistry, **11**, 391–393 (2019)



A standard periodic table oriented normally. The top row (row 7) contains elements 87-118, and the bottom row (row 1) contains elements 1-2. The table is divided into two main sections by a gap. The left section contains elements 87-118, and the right section contains elements 103-118. The elements are arranged in rows, with the atomic number increasing from top to bottom and from left to right. The elements are color-coded: yellow for the first and last elements of each row, and light blue for the others.

Il vantaggio: molte delle proprietà crescono dal basso verso l'alto e gli elettroni cominciano a riempire gli orbitali ad energia più bassa partendo dal basso, come "l'acqua che riempie un bicchiere"



United Nations
Educational, Scientific and
Cultural Organization

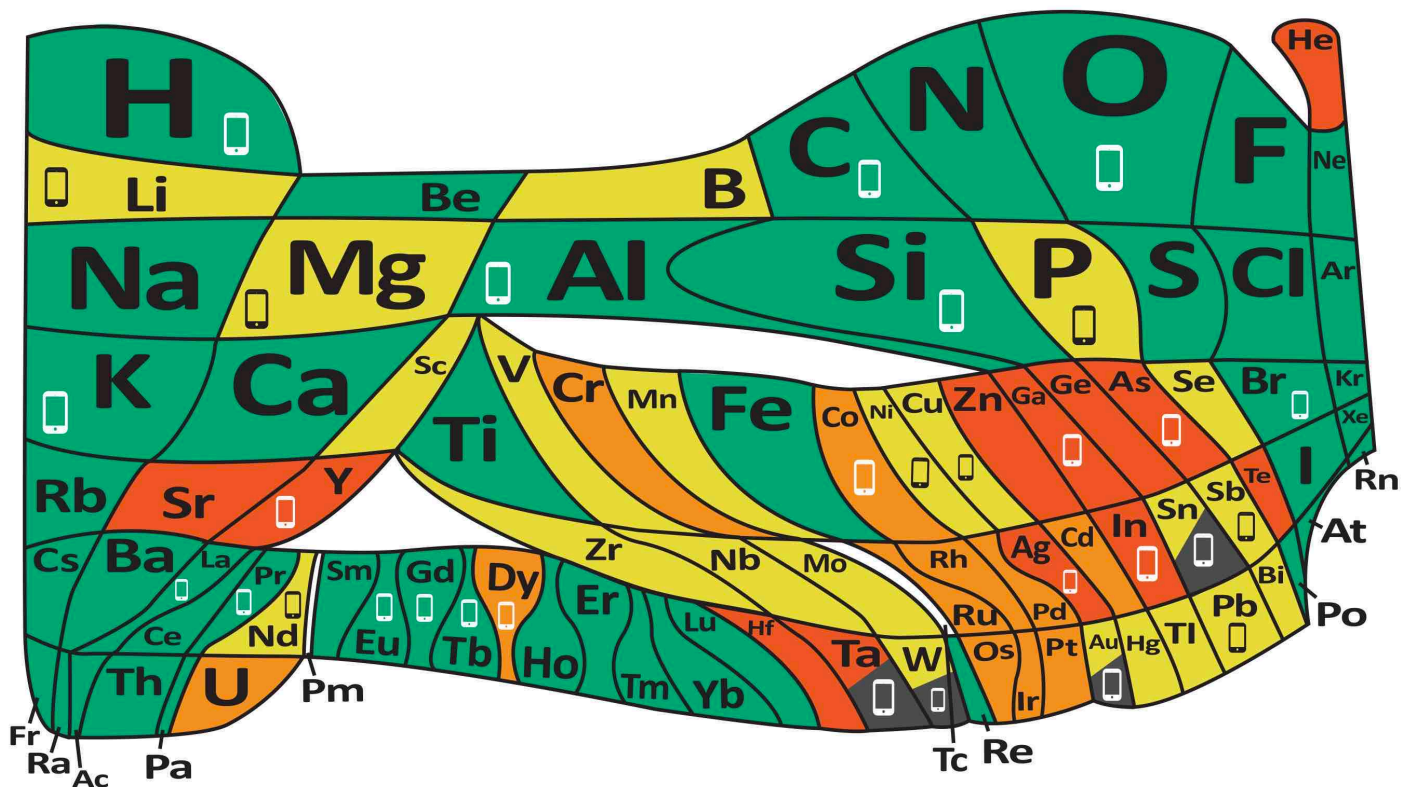


2019
International Year
of the Periodic Table
of Chemical Elements

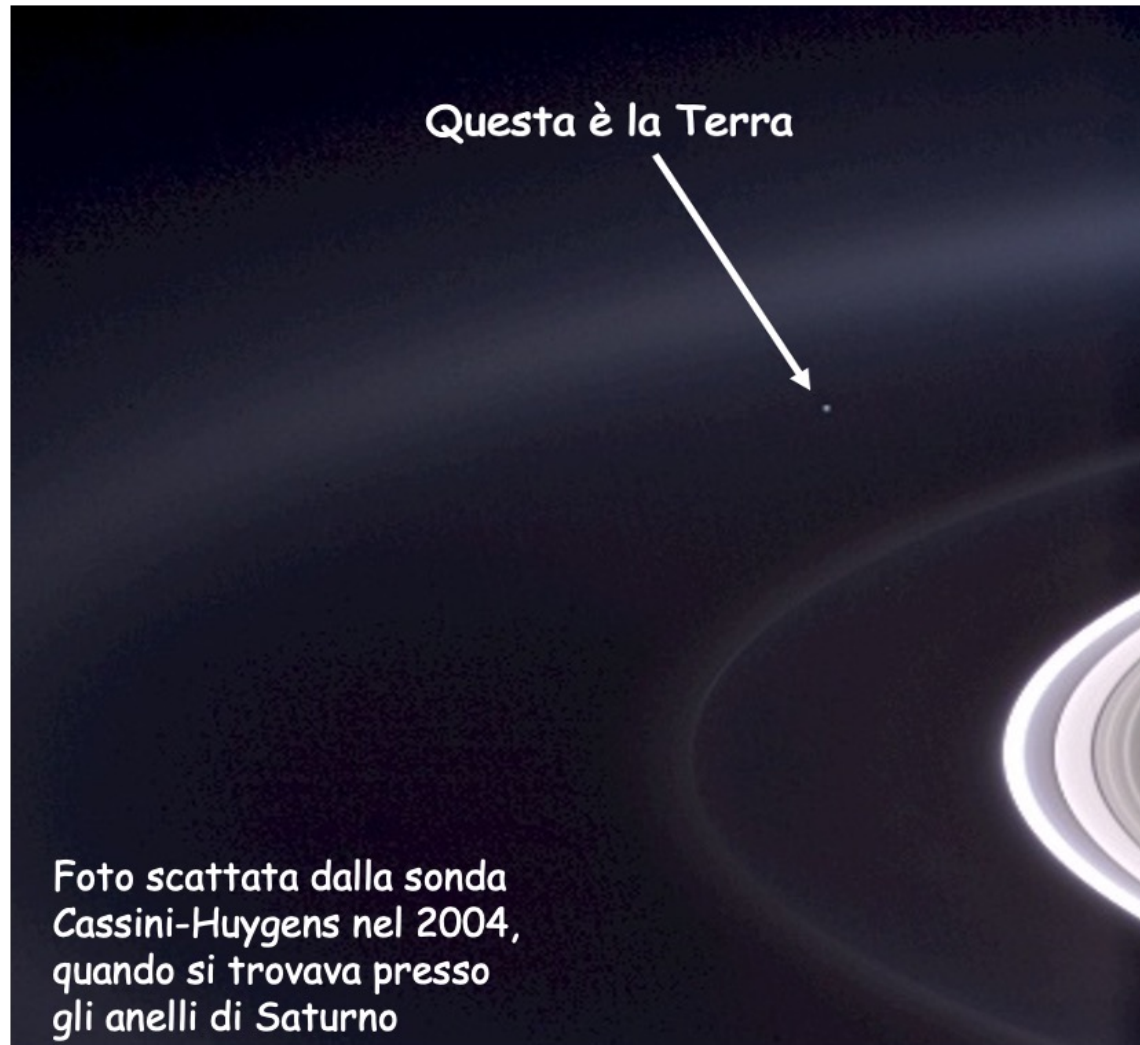
90 elementi chimici e la loro disponibilità



Società Chimica Italiana



La materia che troviamo oggi sulla Terra è quella che si è formata nei momenti iniziali di vita del pianeta: non se ne può aggiungere altra



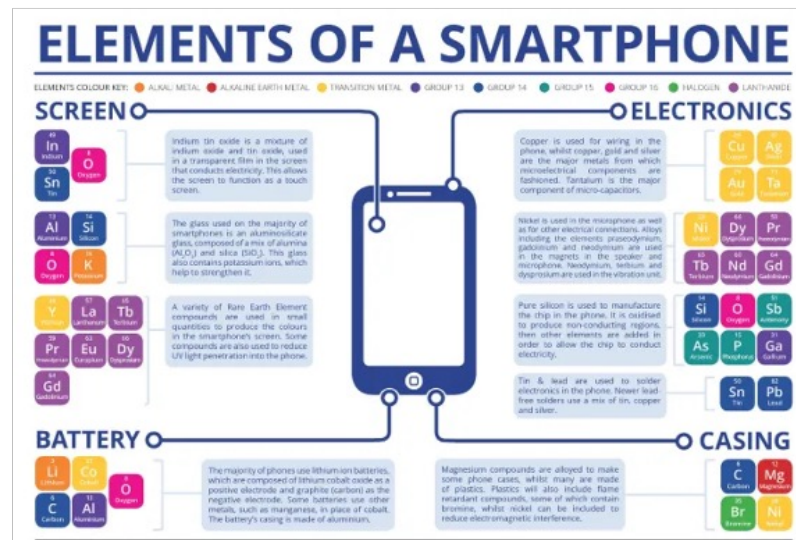
Quanti elementi usiamo

Una casa prima del 1950

Una casa del 1990: ca. 20 elementi chimici

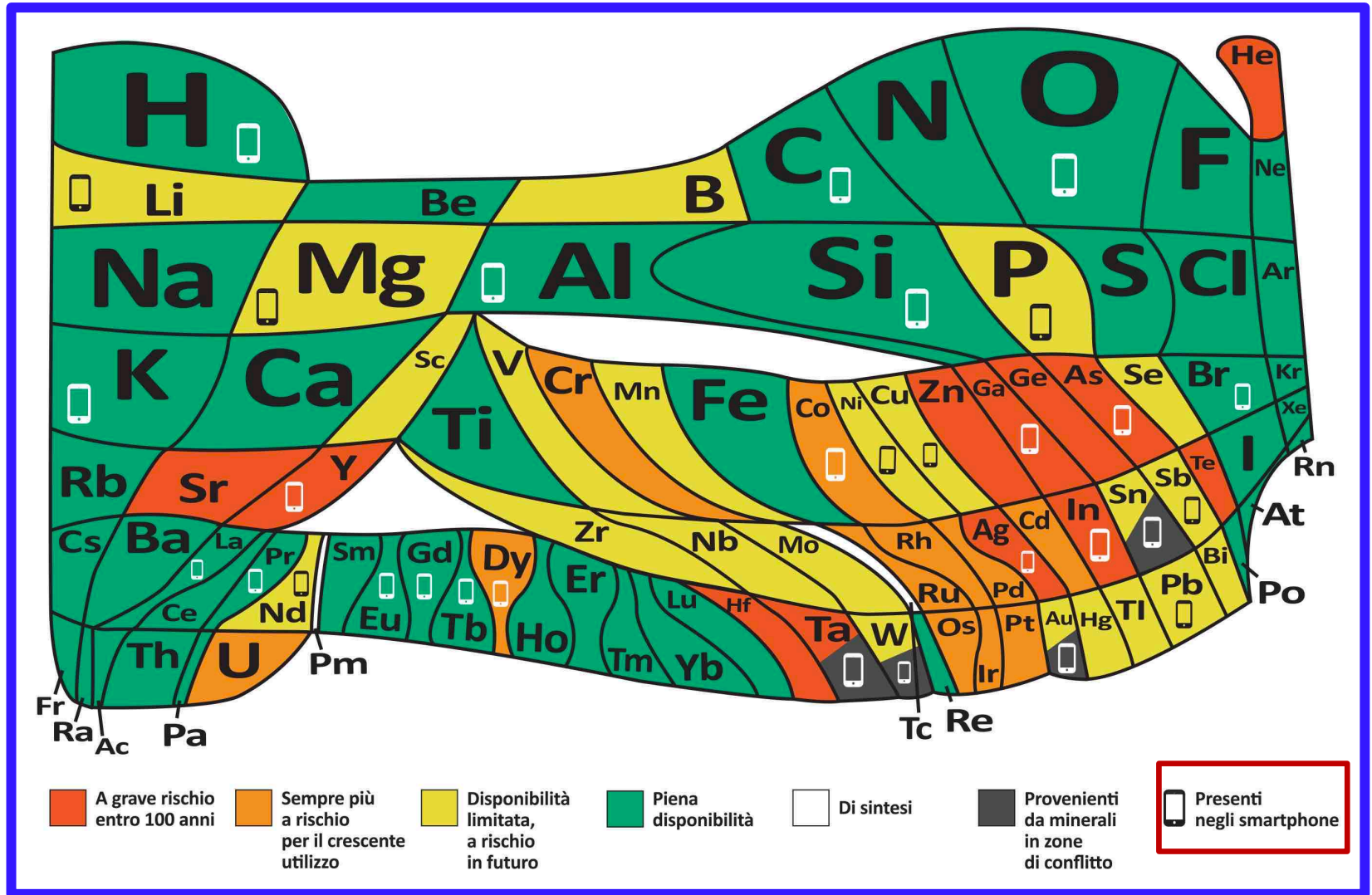


2022: ca. 40 elementi chimici sul palmo di una mano



Grande intensificazione materiale

Ci basteranno?



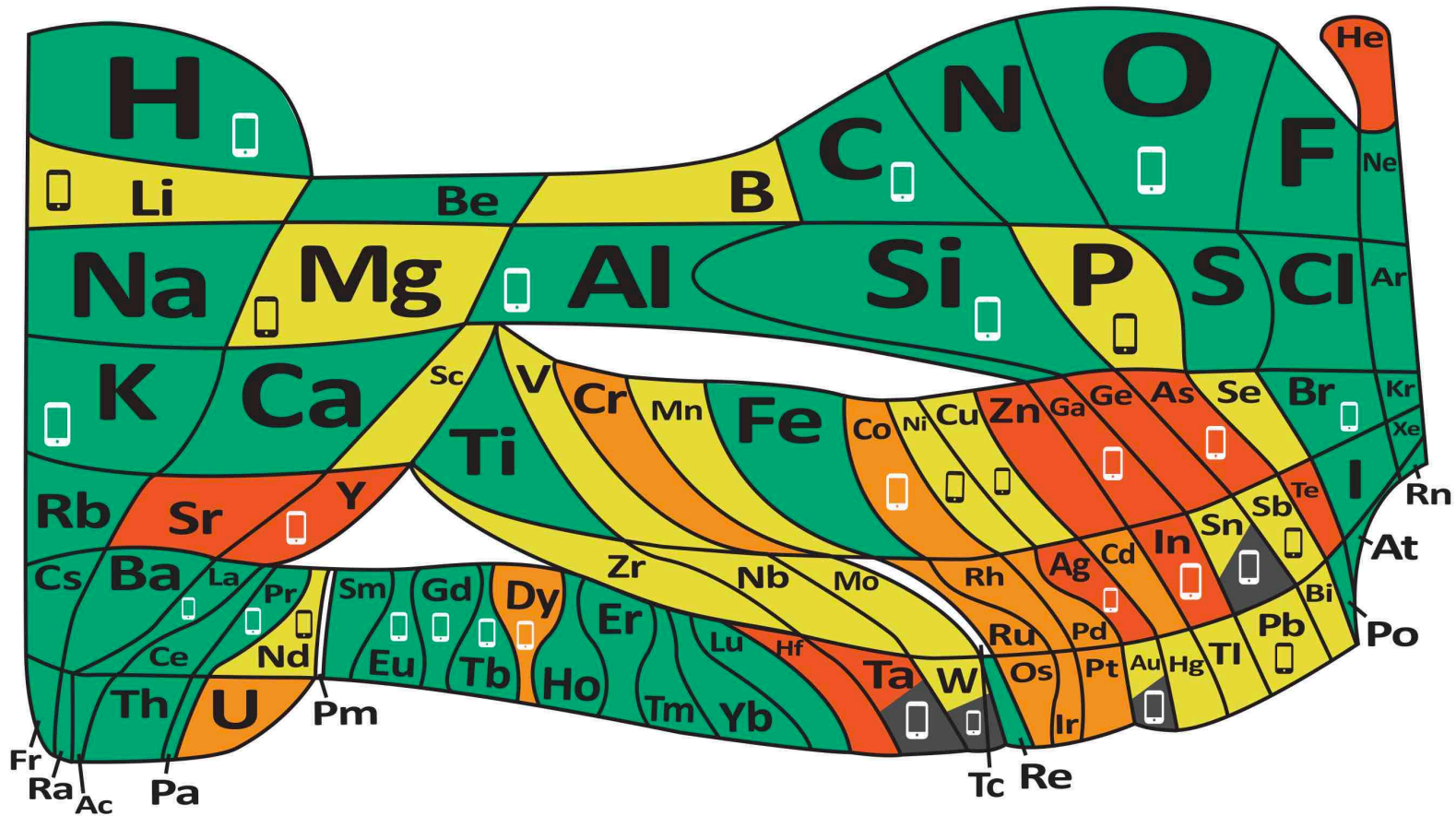
Uno smartphone è una sorta di campionario ambulante della Tavola Periodica

Una grande intensificazione materiale
caratterizza il nostro attuale sviluppo

150 anni per
"apparecchiare" la
Tavola Periodica

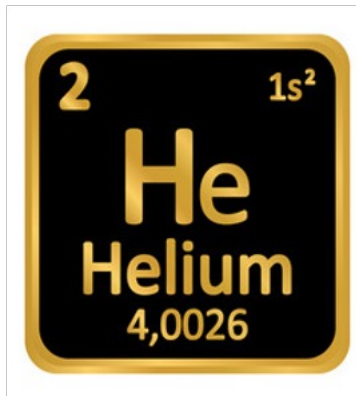
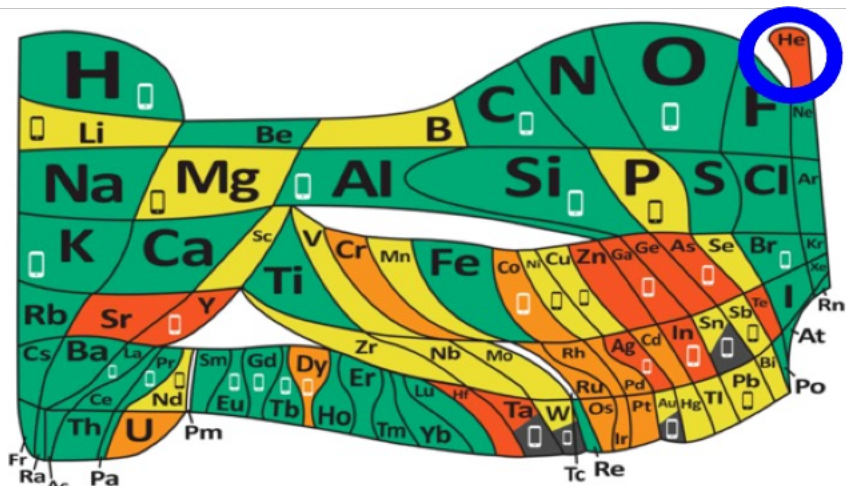


Forse molti meno
per "sparecchiarla"



- A grave rischio entro 100 anni
- Sempre più a rischio per il crescente utilizzo
- Disponibilità limitata, a rischio in futuro
- Piena disponibilità
- Di sintesi
- Provenienti da minerali in zone di conflitto
- 📱

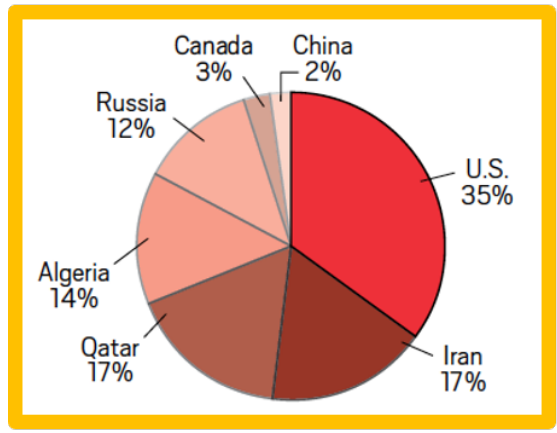
 Presenti negli smartphone



Secondo elemento più abbondante nell'universo; molto raro sulla Terra

Si ottiene per distillazione frazionata del gas naturale (costituito principalmente di CH₄)

Principali produttori

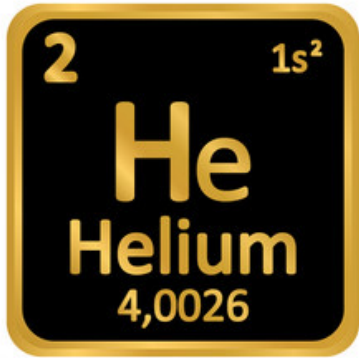


C&EN 2017, July 24, 22

USA: primo detentore mondiale di riserve, grazie alla Federal Helium Reserve in Texas (in vendita)
Scoperto un grande giacimento in Tanzania

Riserse mondiali: ca. 8 Gm³

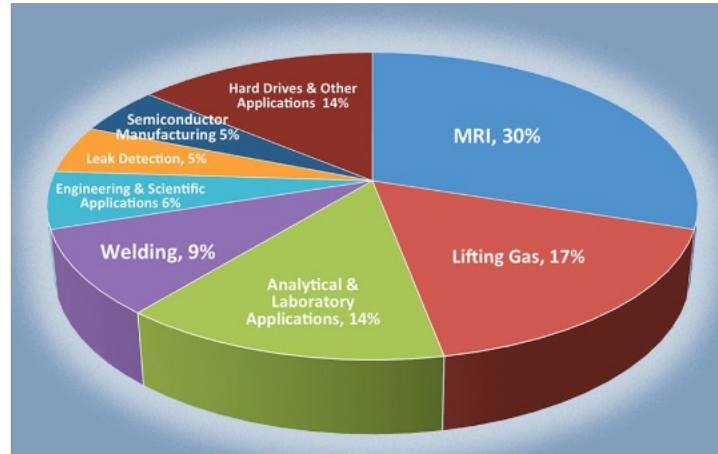
Consumo mondiale annuale: 200 Mm³



Proprietà fisiche uniche:
 punto di ebollizione: $-268,93\text{ }^{\circ}\text{C}$
 punto di fusione: $-272,20\text{ }^{\circ}\text{C}$
Utilizzi



Liquido di raffreddamento per NMR



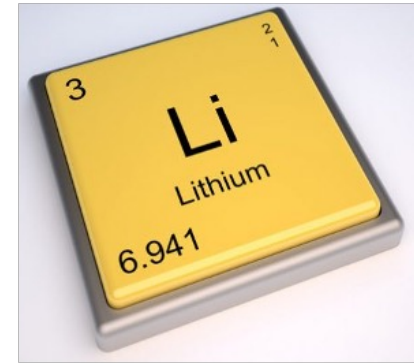
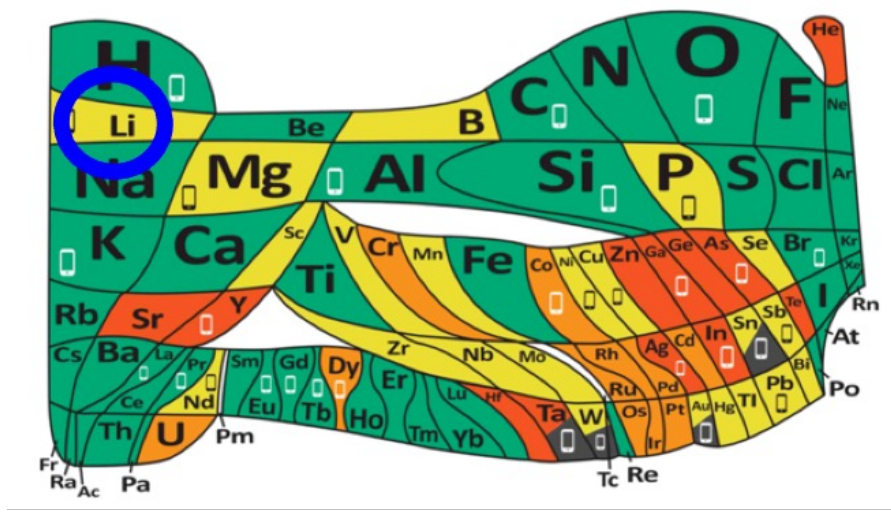
Gas di riempimento per areostati e palloni sonda



Gas protettivo per la saldatura ad arco



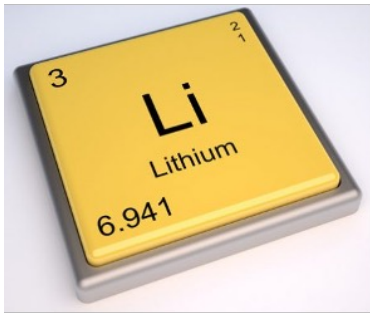
Gas nelle miscele per immersioni profonde



Maggiori produttori: Australia, Cile, Argentina

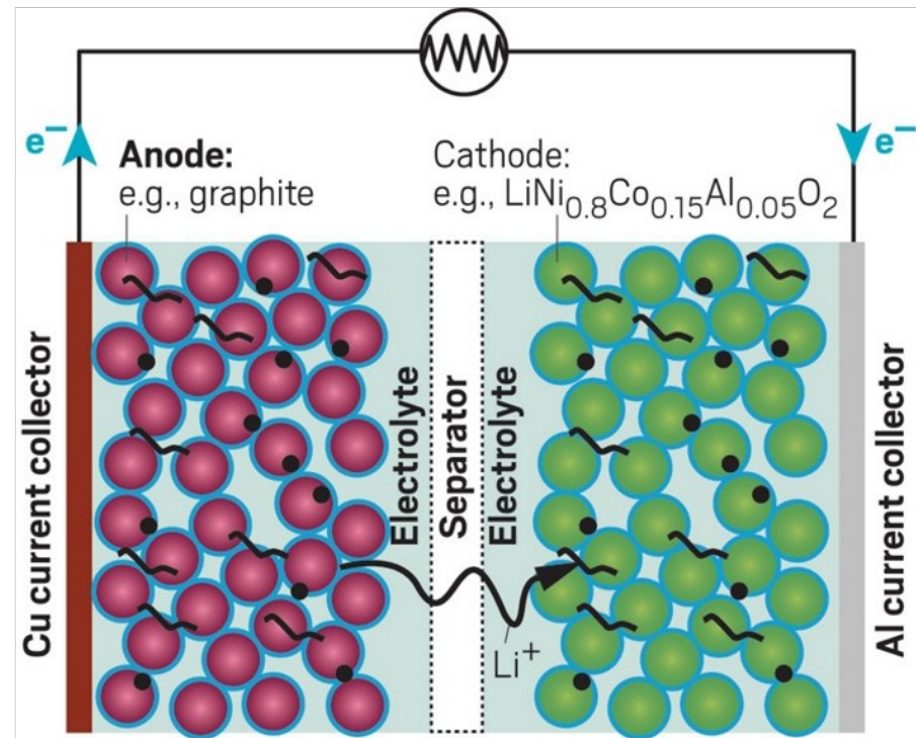
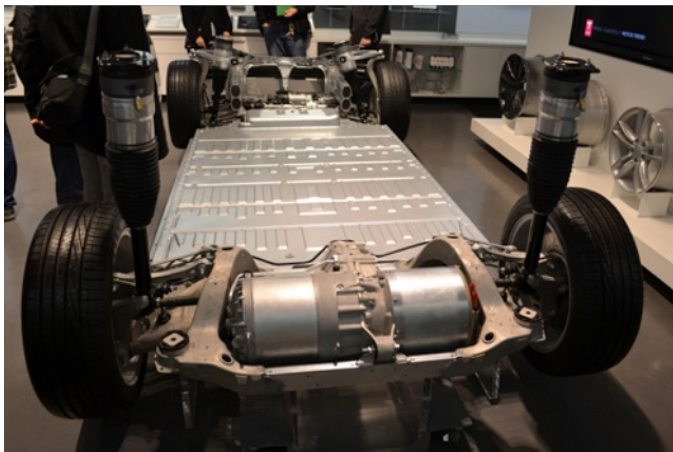
La più grande riserva mondiale: Salar de Uyuni in Bolivia (10.000 km²)





Il metallo più leggero e più piccolo e con uno dei più elevati potenziali elettrochimici

Ideale per le batterie



Batterie agli ioni litio

Premio Nobel per la Chimica 2019



John B. Goodenough (sinistra), M. Stanley Whittingham (centro), Akira Yoshino (destra)

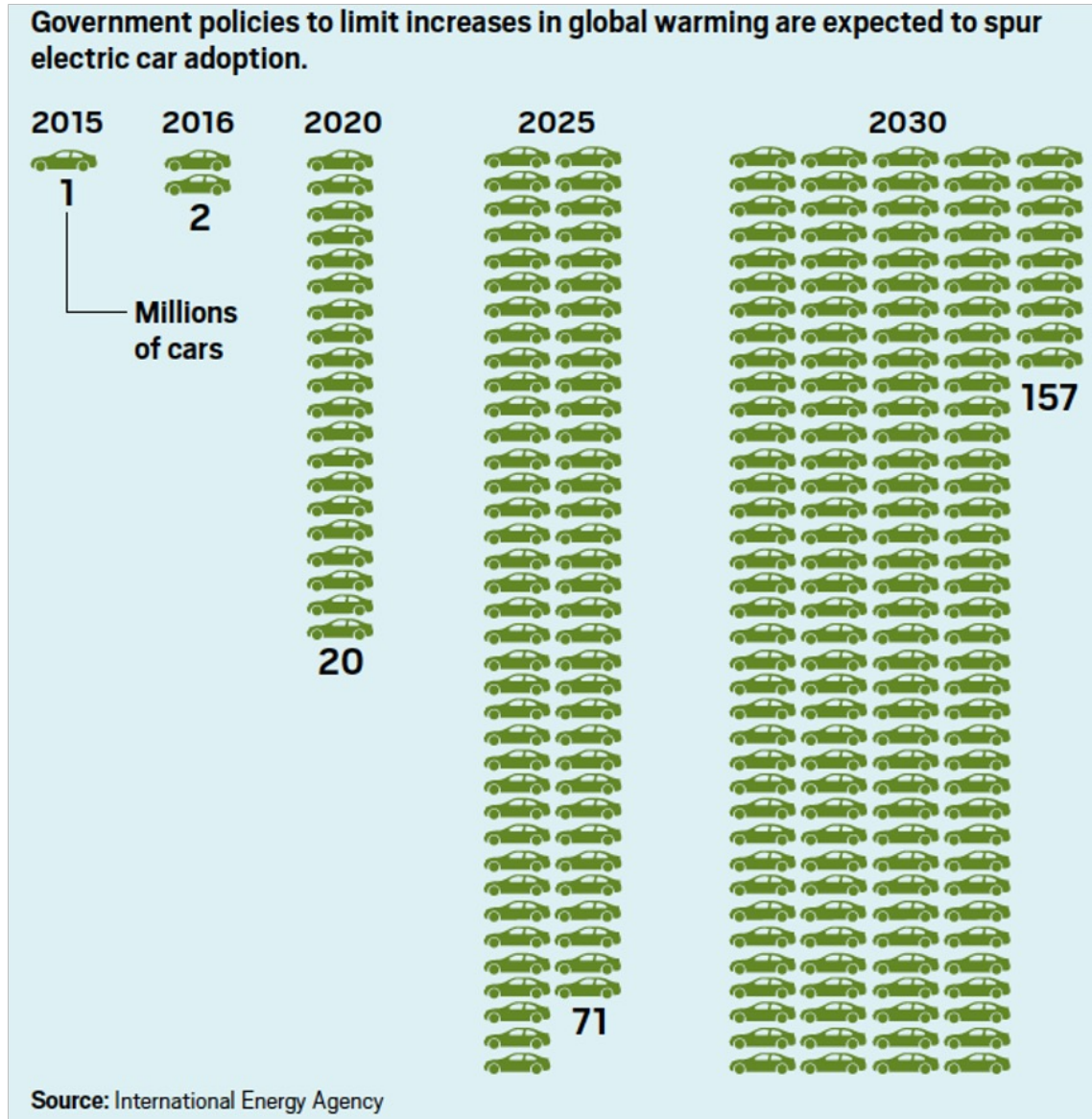
Motivazione della Reale Accademia Svedese per le Scienze:

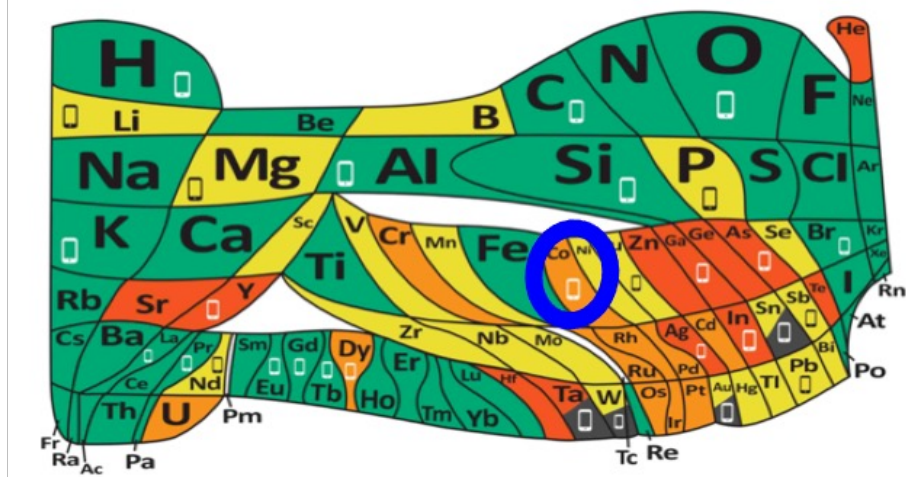
Con il loro lavoro, i vincitori hanno reso possibile un mondo ricaricabile e hanno creato le condizioni per una società senza fili. Questo tipo di batteria è leggera, ricaricabile e potente: può immagazzinare quantità importanti di energia eolica e solare, aprendo la strada a una società libera dai combustibili fossili

Produzione mondiale di litio: 80.000 t/anno

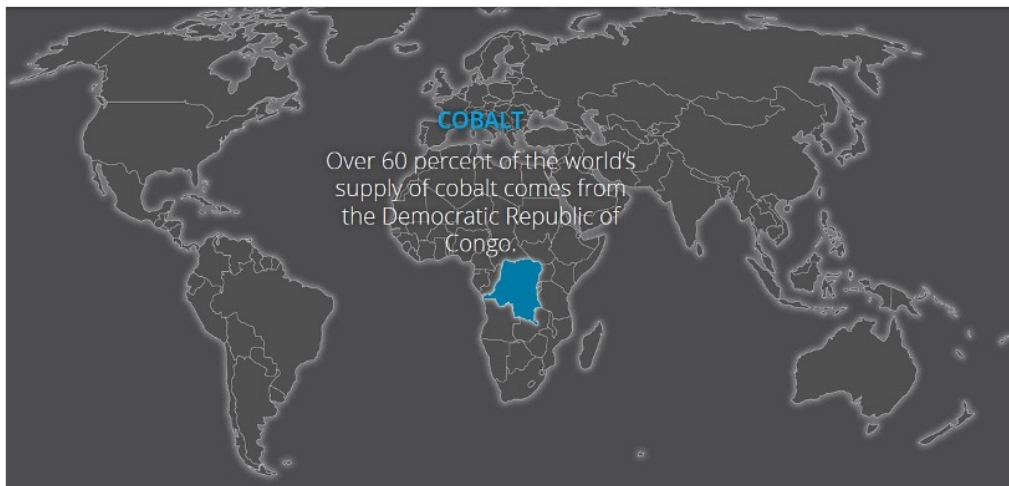
10 kg di litio per un'auto elettrica

Altri usi del litio:
industria ceramica e
metallurgica, purificazione
dell'aria nelle cabine dei
veicoli spaziali e sottomarini,
in medicina ...





Maggiori produttori: Repubblica democratica del Congo, Russia, Australia, Canada, Zambia



**Produzione mondiale:
123.000 t/anno**

Utilizzi

Fin dall'antichità i sali di cobalto sono stati usati come pigmenti

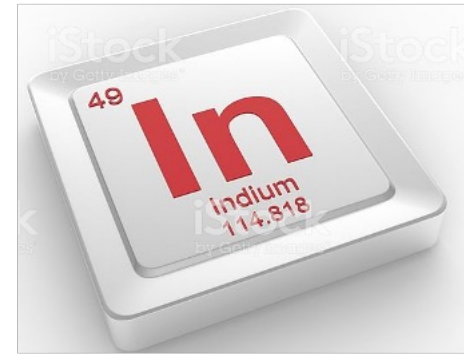
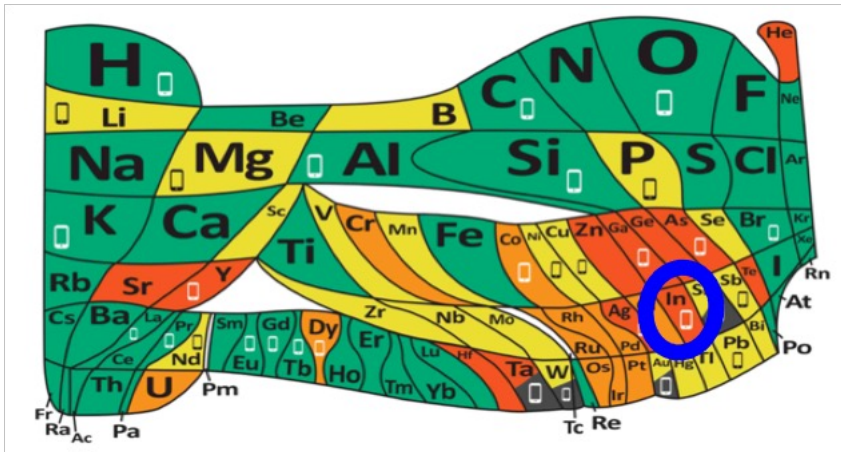
Produzione di:

- ✓ acciai speciali
- ✓ superleghe
- ✓ leghe per impianti ortopedici e dentali



Il cobalto è contenuto nel catodo delle batterie agli ioni litio

La richiesta di cobalto è quintuplicata e si prevede che continui a crescere con la diffusione dei veicoli elettrici



Metallo tenero, stabile in aria e acqua

Si stima che la Terra contenga circa 0,05 ppm di indio (stessa abbondanza dell'argento)

L'indio viene prodotto principalmente da residui della lavorazione dei minerali di zinco

Fino al 1924 era stato estratto un solo grammo di indio puro in tutto il pianeta

Principali produttori: Cina, Corea del Sud, Giappone

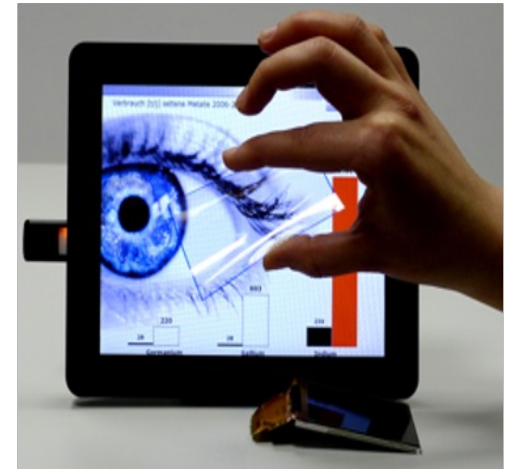
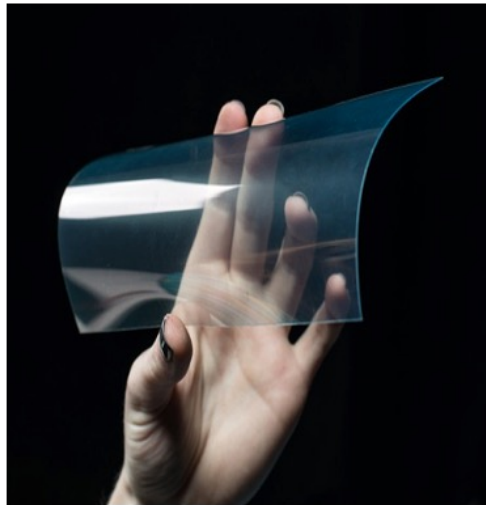
Riserve stimate: ignote

Utilizzi

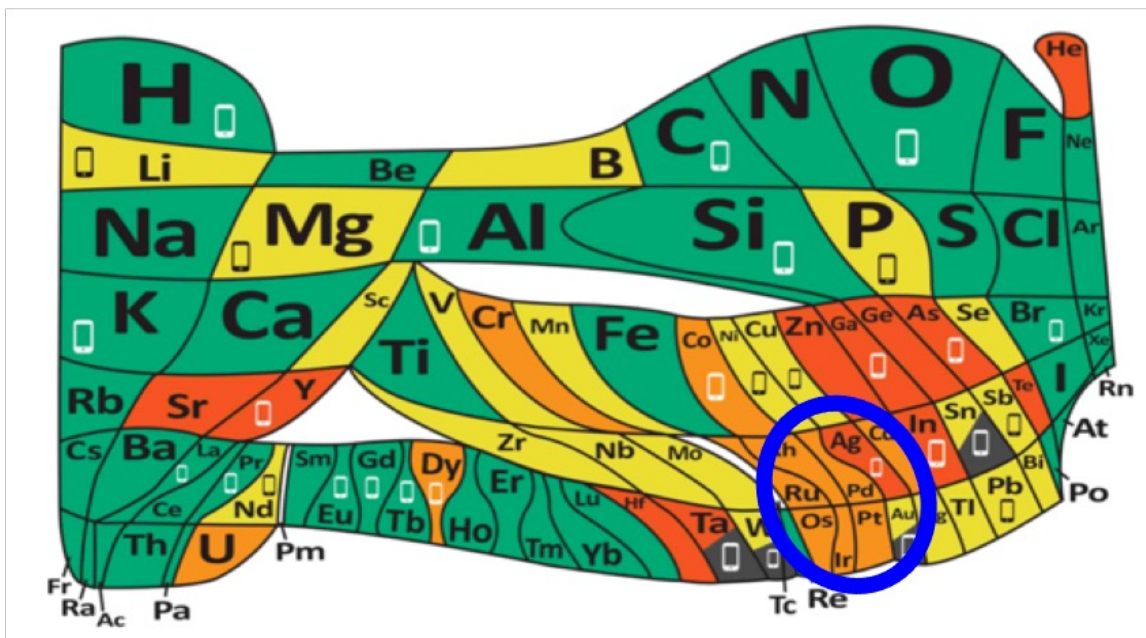
Nessuna applicazione fino a
20 anni fa, ma poi ...



Il composto ternario
indio-stagno-ossigeno (ITO):
è trasparente, conduttore, si lega
molto bene al vetro

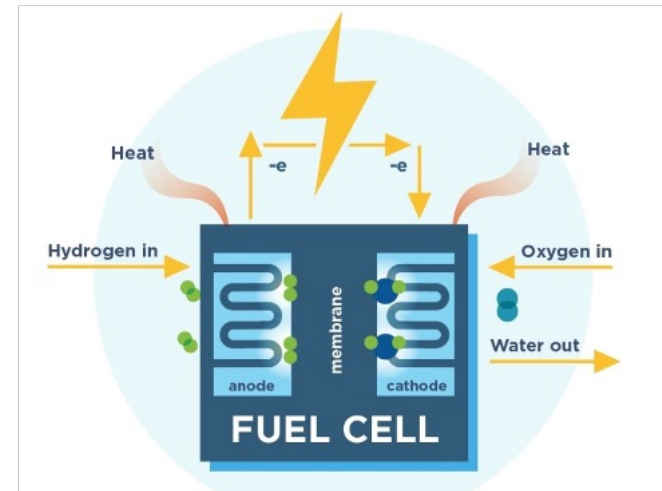
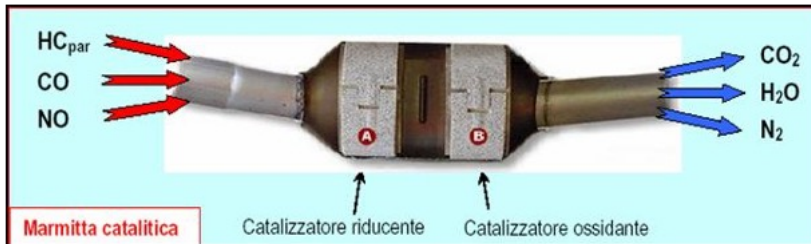
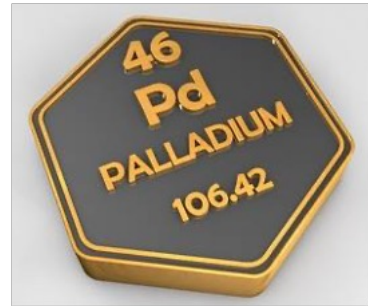
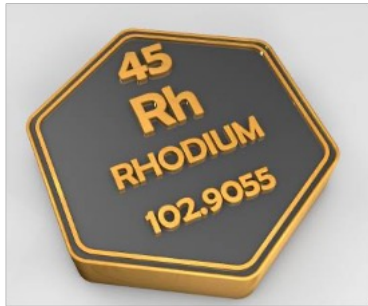


Metalli di transizione

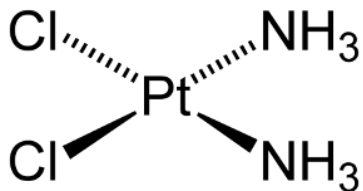


Alcuni metalli di transizione hanno proprietà uniche fra tutti i metalli: Pt è uno dei migliori conduttori elettrici, Ir è il metallo più resistente alla corrosione, Os è il metallo più denso, Au è il metallo più duttile e malleabile, Ag è il migliore conduttore di calore

Proprietà catalitiche speciali



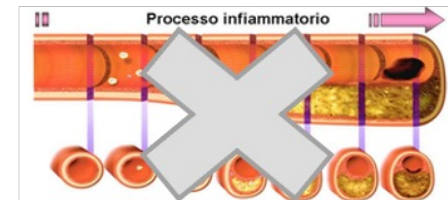
Ambito medico



Cis-platino: chemioterapico

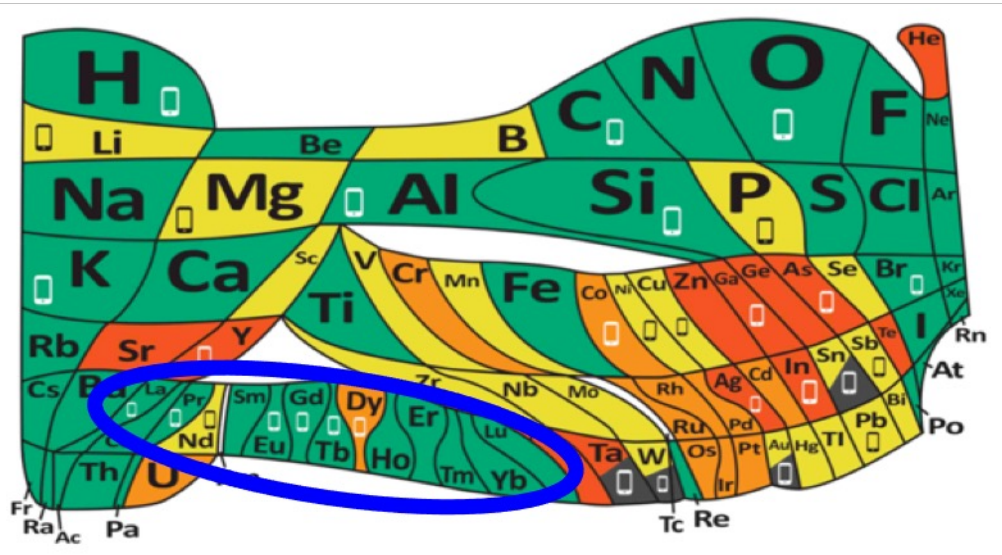


Ag colloidale: antibatterico



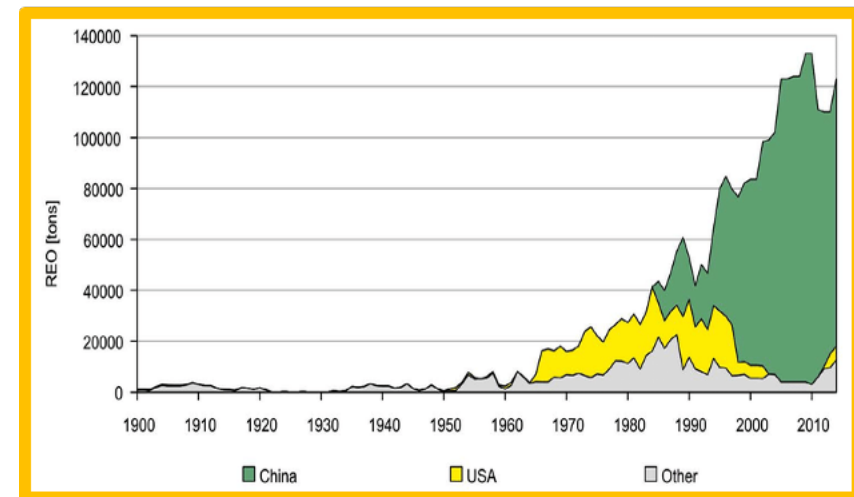
Au colloidale: antinfiammatorio

Elementi delle Terre Rare

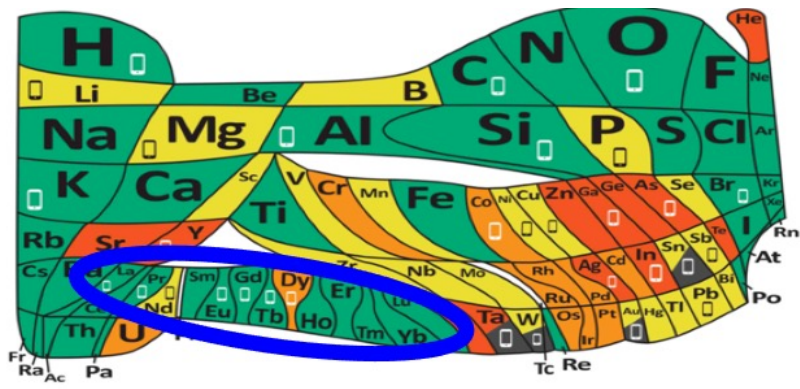


Cina: maggior produttore mondiale di Terre Rare (circa il 90%)

In realtà non sono così rari come direbbe il loro nome, sono invece raramente concentrati ad un livello che ne permetta uno sfruttamento economicamente conveniente



https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/rare_earths/



Elementi delle Terre Rare

Monumento alle Terre Rare nel campo eolico di Damao



La casa delle Terre Rare ti dà il benvenuto

稀土之乡欢迎您

Proprietà ottiche, magnetiche, catalitiche e luminescenti speciali per la presenza di elettroni "spaiati"

The Many Uses of Rare Earths



Magnetics

Nd Tb, Dy Pr

Computer Hard Drives
 Disk Drive Motors
 Anti-Lock Brakes
 Automotive Parts
 Frictionless Bearings
 Magnetic Refrigeration
 Microwave Power Tubes
 Power Generation
 Microphones & Speakers
 Communication Systems
 MRI



Phosphors

Nd, Eu, Tb, Y Er, Gd Ce, Pr

Display phosphors - CRT, LPD, LCD
 Fluorescent Lighting
 Medical Imaging
 Lasers
 Fibre Optics



Metal Alloys

Nd, Y La, Ce, Pr

NimH Batteries
 Fuel Cells
 Steel
 Super Alloys
 Aluminium / Magnesium



Catalysts

Nd La, Ce, Pr

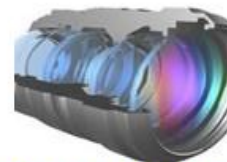
Petroleum Refining
 Catalytic Converter
 Fuel Additives
 Chemical Processing
 Air Pollution Controls



Ceramics

Nd, Y, Eu Gd, Lu, Dy La, Ce, Pr

Capacitors
 Sensors
 Colorants
 Scintillators
 Refractories



Glass & Polishing

Nd Gd, Er, Ho La, Ce, Pr

Polishing Compounds
 Pigments & Coatings
 UV Resistant Glass
 Photo-Optical Glass
 X-Ray Imaging

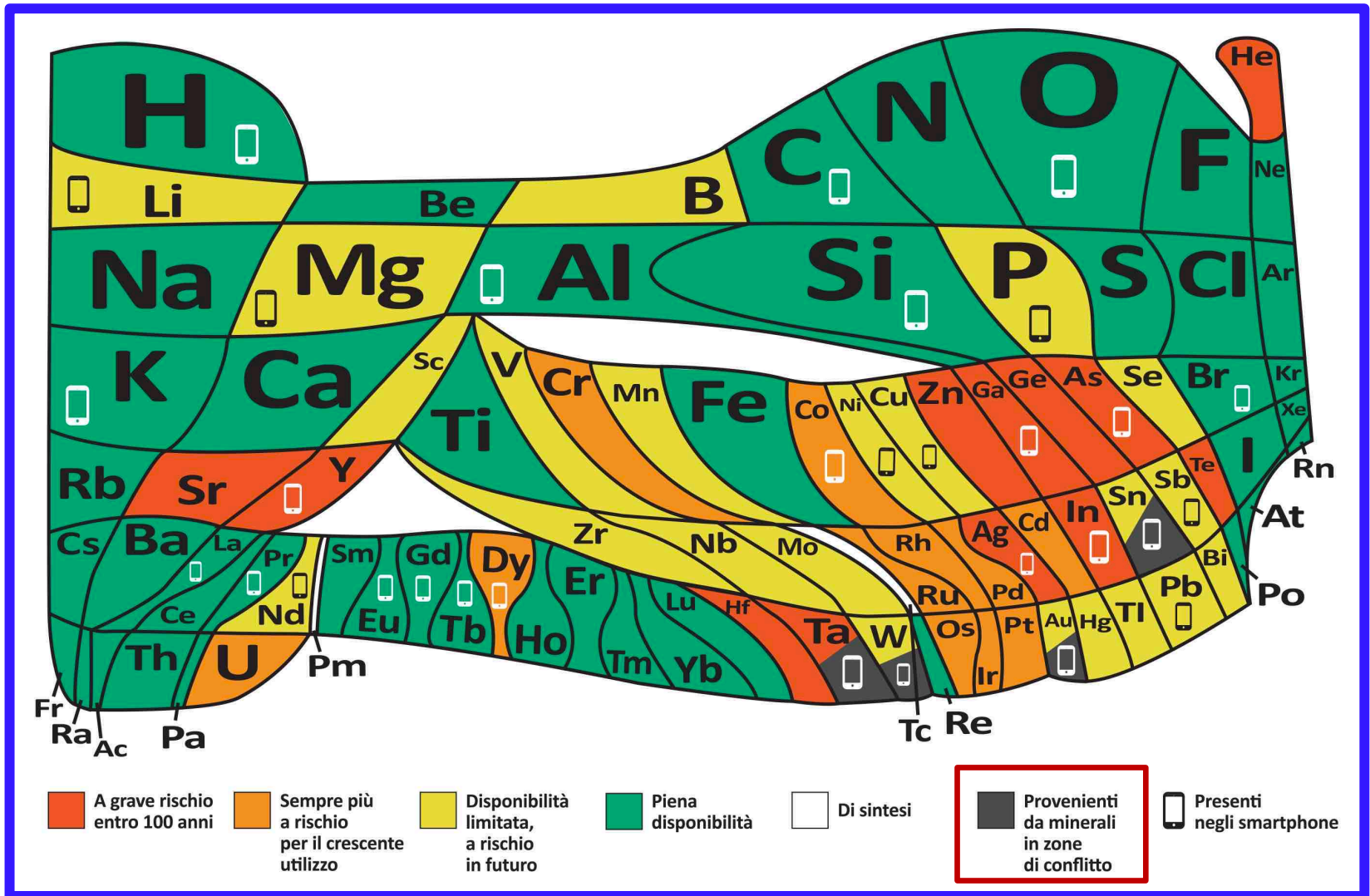


Defense

Nd, Eu, Tb, Dy, Y Lu, Sm Pr, La

Satellite Communications
 Guidance Systems
 Aircraft Structures
 Fly-by-Wire
 Smart Missiles

Una questione di coscienza



Oro, stagno, tungsteno, tantalio e cobalto, estratti nelle miniere della Repubblica democratica del Congo



Questi elementi sono essenziali per produrre dispositivi elettronici: si stima che la produzione degli smartphone messi in commercio finora sia costata la vita di almeno 11.000.000 di persone

Anche l'attuale sviluppo tecnologico
deve far i conti con la Tavola Periodica



Cosa si può fare per fronteggiare il
problema della scarsa disponibilità
degli elementi?

Asteroidi come miniere?

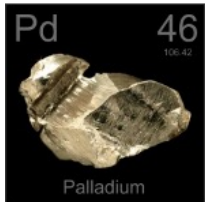
Concentrazione (ppb)
Terra asteroidi



5 1400



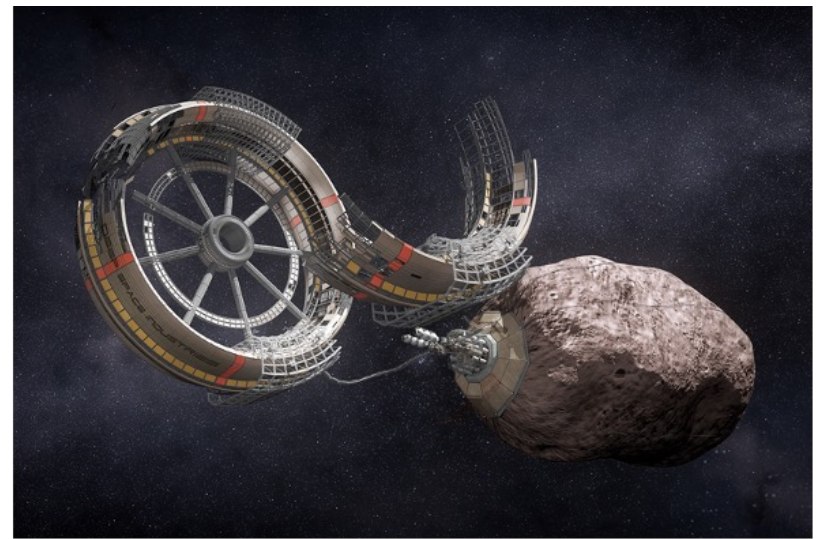
1 760



15 870



4 215



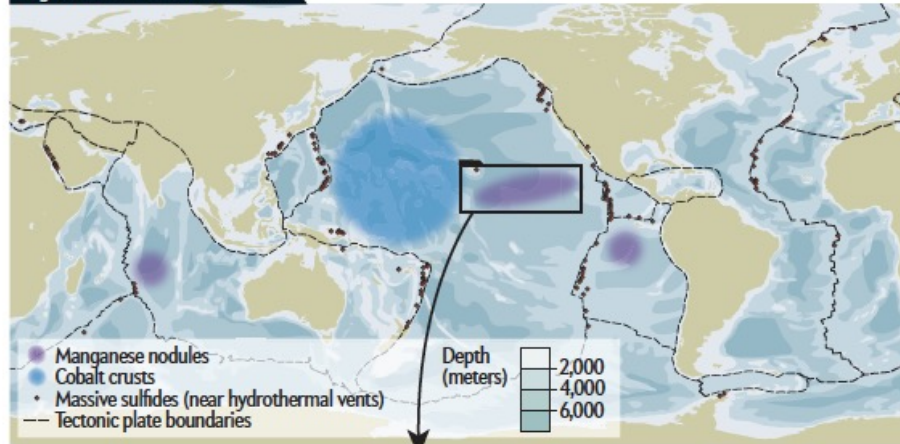
**Non è una soluzione
realistica!**

Mare profondo come miniera?

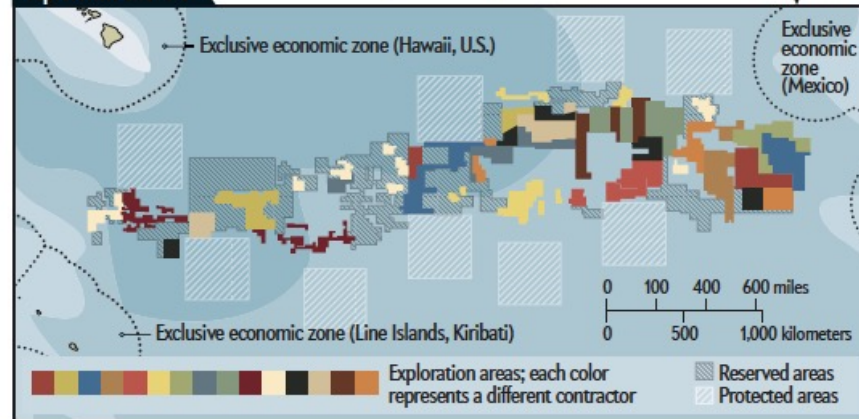
Treasure Hunt

Many countries and companies mine the shallow ocean floor for oil, sand and diamonds. Now they are exploring the deep seabed for critical metals such as nickel and cobalt. Researchers have mapped three types of deposits in international waters that seem particularly promising (colored regions). Manganese nodules may be the most economical to extract.

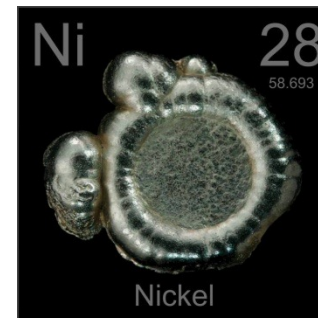
High Concentrations of Minerals



Exploration Licenses



The International Seabed Authority, which regulates mining in international waters, has issued 16 exploration licenses (colors) for manganese nodules in the Clarion-Clipperton Fracture Zone, a region of the Pacific Ocean seafloor about the size of Europe. Most of the rocks lie in water deeper than 4,000 meters. As the authority grants permits, it designates reserved areas for possible future exploitation by developing countries, as well as protected areas where no mining can occur. Some countries are also searching within their exclusive economic zone—their national waters.



Un'opzione futuribile (?), ma con un pesante impatto ambientale

**Il problema della limitata
disponibilità di materiali (e di tutte
le risorse naturali) fa affrontato
subito e nell'ottica dello sviluppo
sostenibile**

La strada è obbligata



Abbandonare l'attuale economia

Economia Lineare

Le risorse naturali sono "infinite"



Energia ottenuta da combustibili fossili

e passare

Economia circolare

Le risorse naturali sono limitate



Seguire l'insegnamento della natura che da sempre usa l'economia circolare

Questa economia è basata su alcune parole chiave che si riferiscono ad azioni per attuare le quali la Chimica gioca un ruolo fondamentale

Sostituire

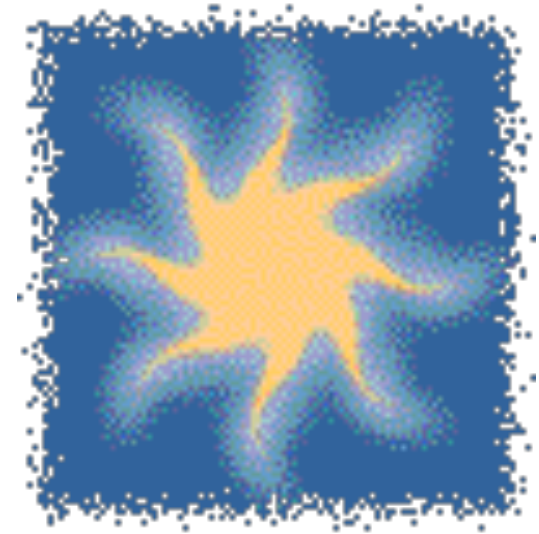
Sostituire i combustibili fossili con
fonti energetiche rinnovabili



Energia idroelettrica



Energia eolica



Energia solare



Energia geotermica

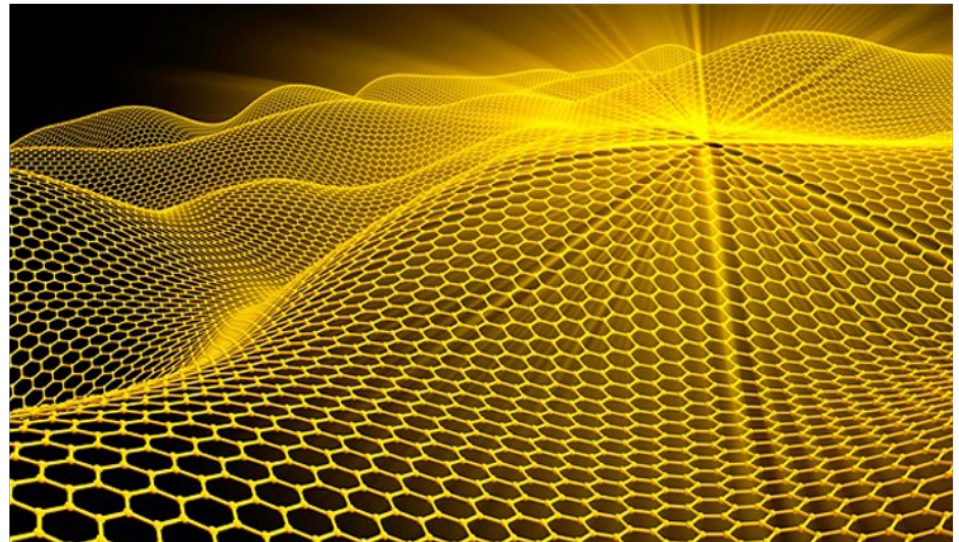
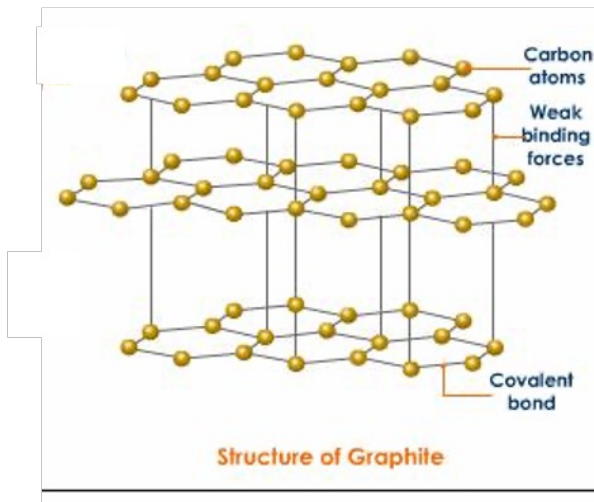


Energia dal mare e dagli oceani

Sostituire

Sostituire elementi scarsi con elementi più abbondanti

Il platino, elemento critico molto usato come catalizzatore, ad esempio nelle celle a combustibile, potrebbe essere sostituito dal grafene



Sostituire

Sostituire elementi scarsi con elementi più abbondanti

L'indio, difficile da estrarre e scarso, come composto ternario con ossigeno e stagno (ITO) trova svariate applicazioni per le ottime proprietà ottiche e conduttometriche

Valida alternativa: un ossido di calcio e alluminio, due elementi abbondanti sulla crosta terrestre

Flat panel displays



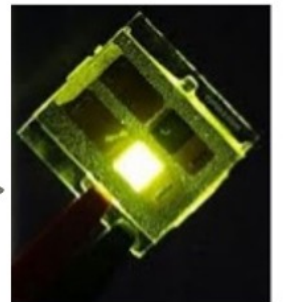
Solar Cells



Touch panels



OLED



Sostituire

Sostituire i processi industriali inquinanti con processi più rispettosi per l'uomo e l'ambiente



Principles of Green Chemistry.

La chimica connessa all'estrazione dei minerali e alla lavorazione dei metalli ha molte criticità: uso di sostanze pericolose (cianuri, mercurio e/o miscele di acidi), sviluppo di gas tossici e inquinanti; contatto con sostanze radioattive

Sostituire

non sempre è possibile per altri problemi

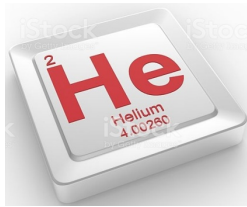
La sostituzione del rame con l'alluminio, più abbondante e ugualmente buon conduttore di elettricità, comporta un costo energetico troppo alto

	kWh/kg	Mton/anno	TWh/anno
Acciaio	6.1	1100	6600
Alluminio	61.4	33	1920
Rame	13.3	15	200
Zinco	11.7	10	100
Nichel	44.4	1.4	60
Piombo	7.2	3	0.8

Sostituire

non sempre è possibile per altri problemi

Non ci sono (ancora?) sostituti



Proprietà fisiche uniche:
 $T_{eb}: -268,93 \text{ } ^\circ\text{C}$
non infiammabilità



Liquido di raffreddamento per
la tecnica NMR



Gas di riempimento per
areostati e palloni sonda



Gas protettivo per la
saldatura ad arco



Gas nelle miscele per immersioni
profonde

Un collo di bottiglia: limitata disponibilità di materiali



Riciclare

Garbology (garbage = rifiuto) è una nuova branca della scienza che si interessa della gestione e del trattamento dei rifiuti

I rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche: ogni anno nel mondo 42.000.000 t (di cui 7.000.000 t in Europa, pari a 15 kg pro capite)



Sono una risorsa di metalli importanti



Da un solo smartphone si possono recuperare:

- ✓ 0,034 g di oro
- ✓ 0,30 g di argento
- ✓ 15 g di rame
- ✓ 1 g di terre rare



Bisognerà in futuro riciclare anche il litio delle batterie

Le Olimpiadi di Tokyo 2020/2021



Le 5.000 medaglie assegnate agli atleti sono state ottenute riciclando 6.000.000 di smartphone ed altri rifiuti elettronici

Progettare a moduli



Questo tipo di progettazione permette di riparare gli oggetti rotti, di recuperare e riciclare i materiali dagli oggetti a fine vita

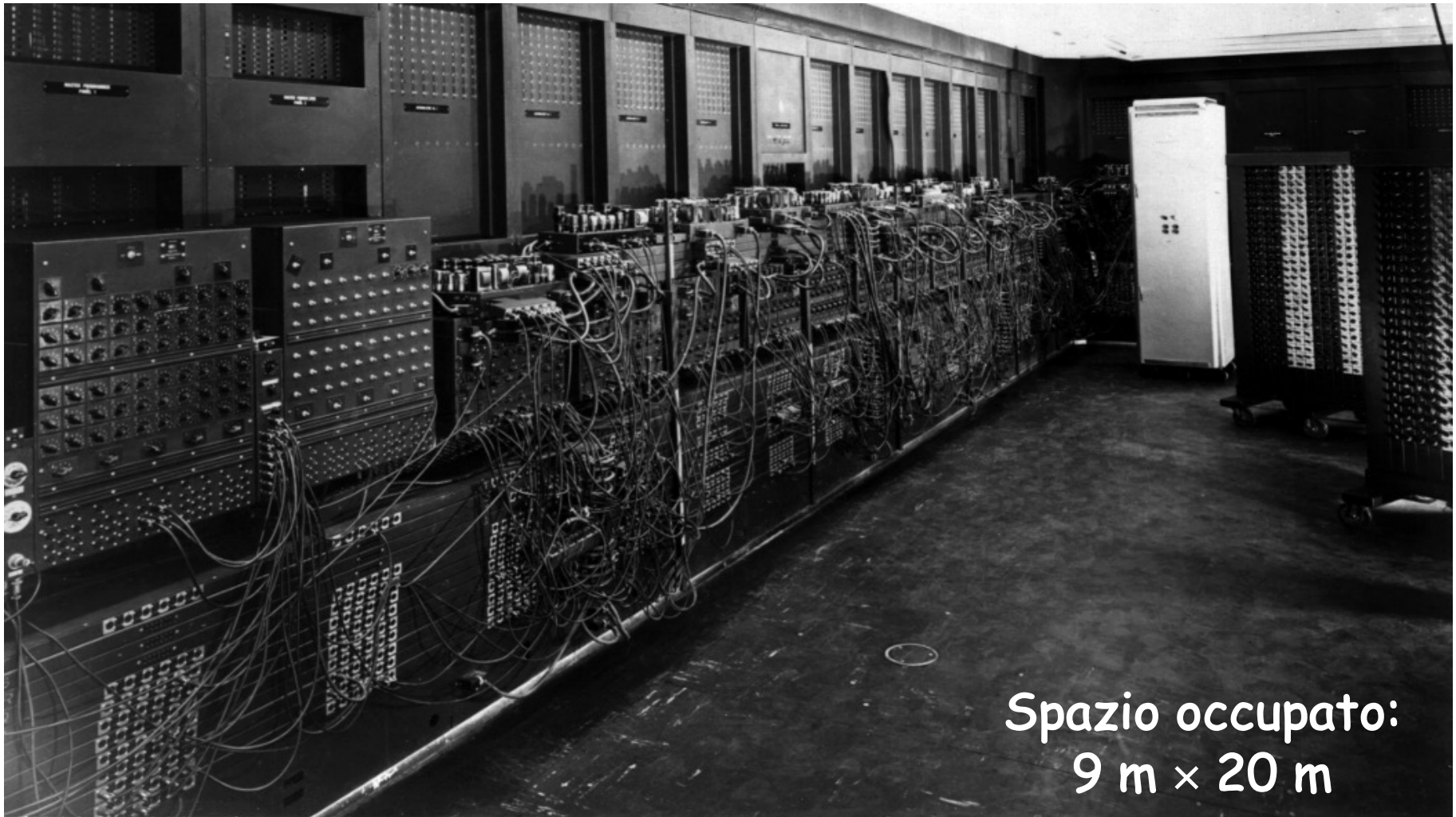
Fare con meno

Strategia della miniaturizzazione:
risparmio di atomi



La miniaturizzazione è alla base
dell'attuale sviluppo tecnologico

ENIAC: il primo computer elettronico (1946)



Spazio occupato:
9 m × 20 m

Peso: ca. 30 t Elementi: 18.000 valvole Consumo: 200 kW

Attuali computer elettronici

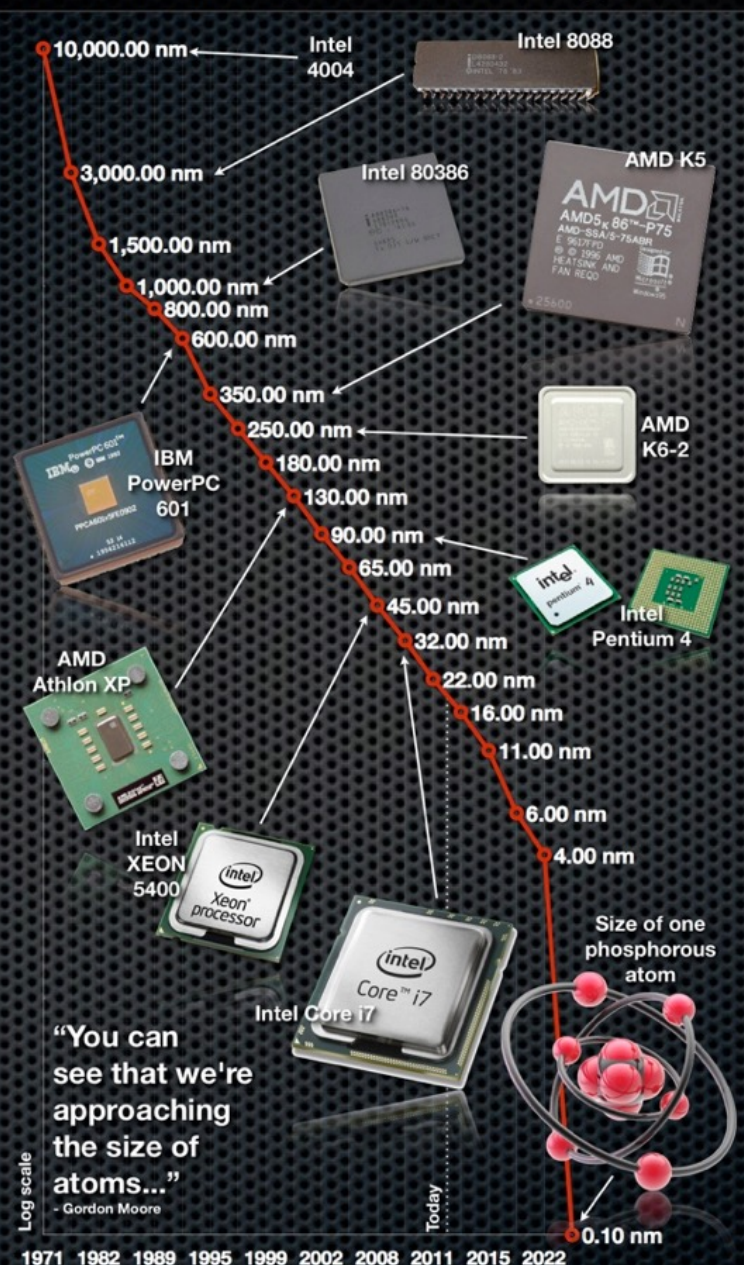


Peso: 1,5 kg
Consumo: 30 W



Elementi: transistor
miliardi di transistor

How small can a transistor be? The evolution of microprocessor manufacturing processes



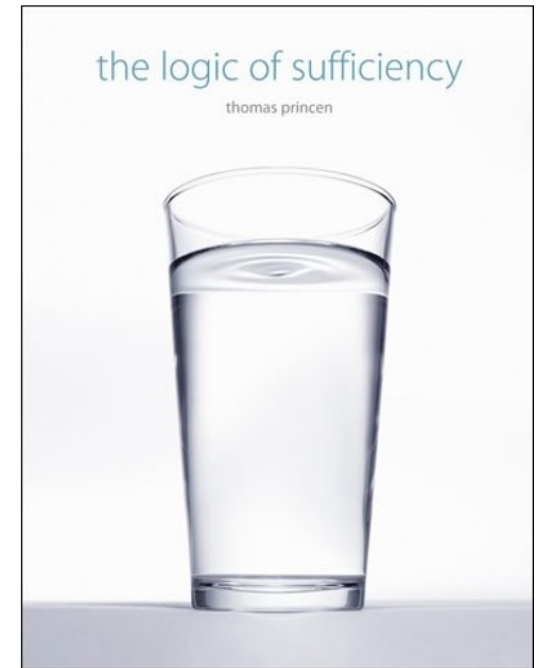
C'è veramente risparmio di atomi?

Complessivamente nel settore informatico non c'è stata una vera dematerializzazione perché, se nel 1946 c'era un solo computer, oggi ce ne sono centinaia di milioni



Fare con meno

Cambiare stile di vita:
adottare la logica della
sufficienza e imparare a
dire "mi basta"



Ogni nostro piccolo contributo è
importante per andare verso la
sostenibilità e ...

Per non "sparecchiare" la Tavola Periodica

