Margherita Venturi

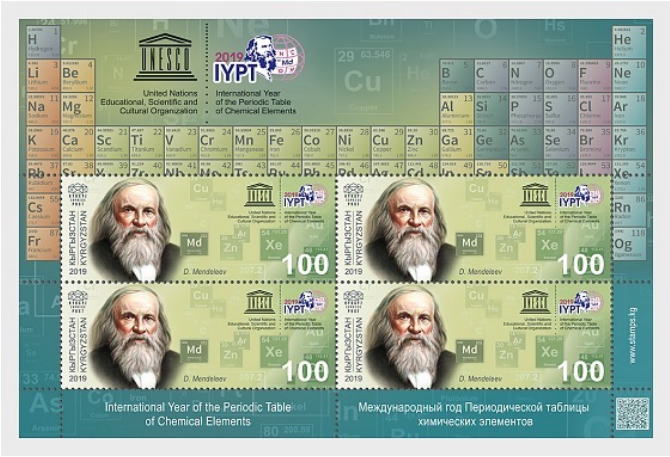
Dipartimento di Chimica "Giacomo Ciamician"
Università di Bologna

e-mail: margherita.venturi@unibo.it

Società Chimica Italiana
Divisione di Didattica Chimica

Per non "sparecchiare la Tavola Periodica: chimica e sostenibilità

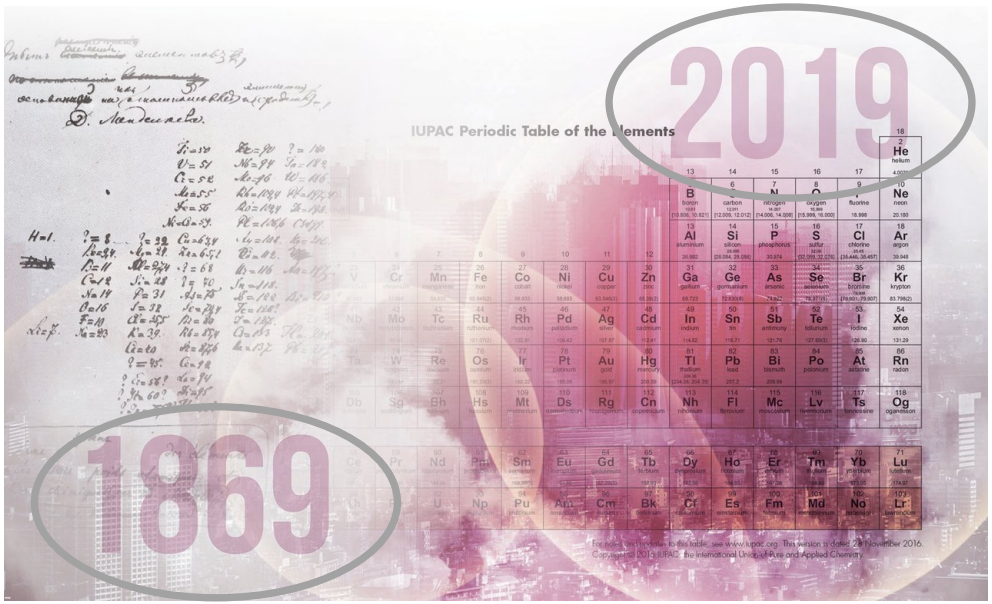
La Tavola Periodica degli elementi



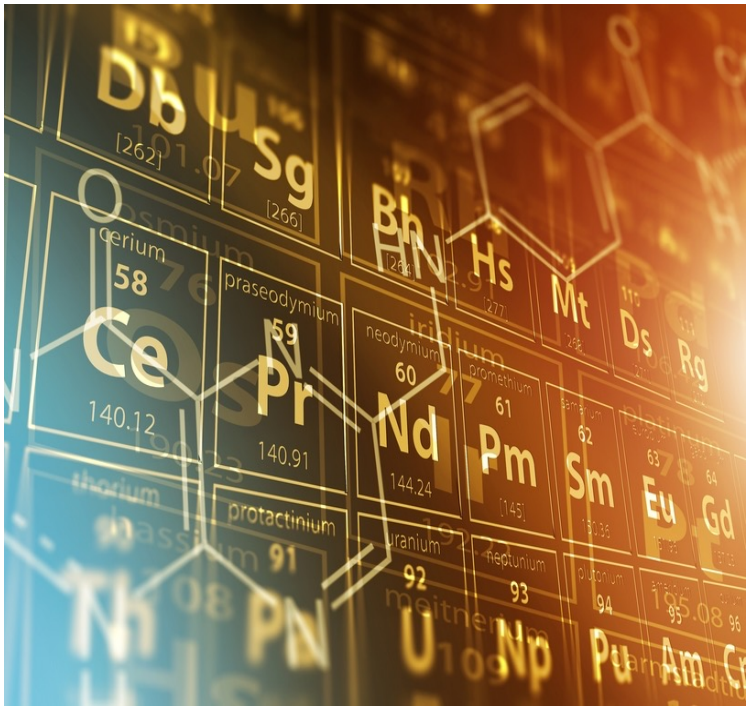
In support of

United Nations
Educational, Scientific and
Cultural Organization

International Year
of the Periodic Table
of Chemical Elements



L'importanza della Tavola Periodica



La Tavola Periodica ha rivoluzionato la Scienza: è un documento che permette 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:

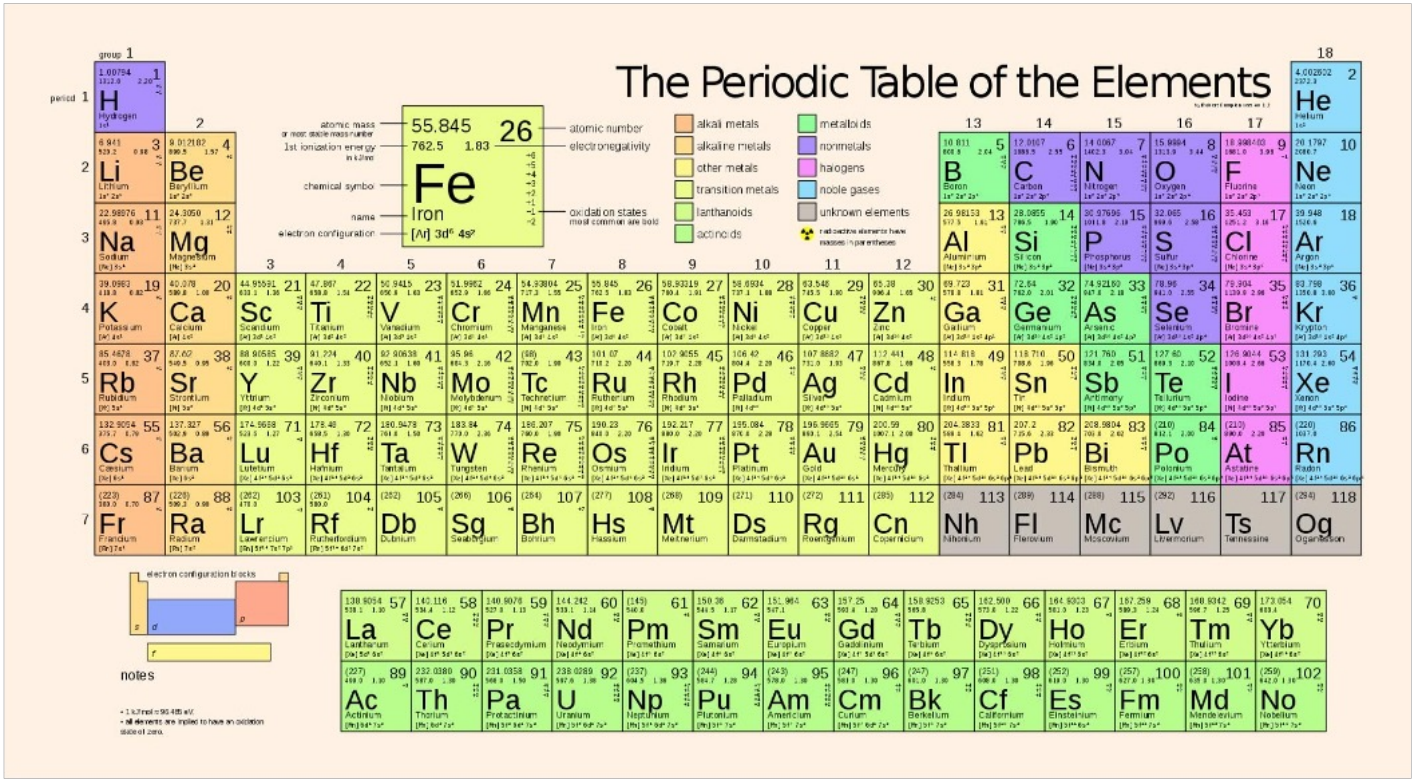
- i ricercatori che lavorano nella disciplina scientifica specifica della scoperta
- i ricercatori che lavorano in altre discipline scientifiche affini
- il pubblico non direttamente coinvolto nella scienza

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

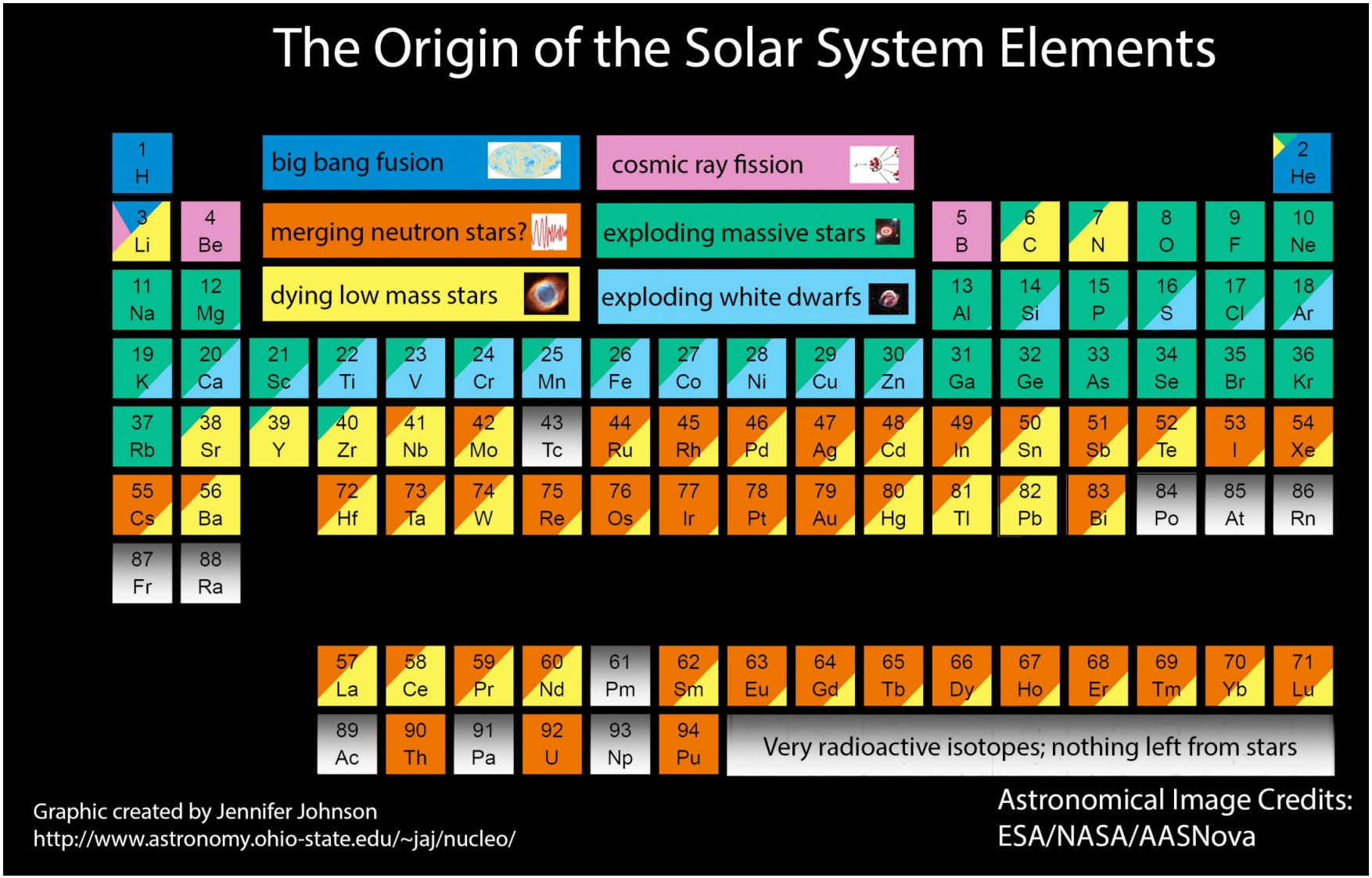
Chimica

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
big bang fusion
cosmic ray fission
merging neutron stars?
exploding massive stars
dying low mass stars
exploding white dwarfs
1 H
2 He
3 Li
4 Be
5 B
6 C
7 N
8 O
9 F
10 Ne
11 Na
12 Mg
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
Graphic created by Jennifer Johnson
http://www.astronomy.ohio-state.edu/~jaj/nucleo/
Astronomical Image Credits:
ESA/NASA/AASNova

Biologia

THE PERIODIC TABLE FOR BIOLOGISTS

The most commonly occuring elements in living organisms are:

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

Other common elements are shaded in green.

relative atomic mass — atomic number

1.01 1 **H** hydrogen

element name

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	1.01 1 H hydrogen							4.00 2 He
2	6.94 3 Li	9.01 4 Be	10.81 5 B	12.01 6 C carbon	14.01 7 N nitrogen	16.00 8 O oxygen	19.00 9 F	20.18 10 Ne
3	22.99 11 Na sodium	24.31 12 Mg magnesium	26.92 13 Al	28.09 14 Si	30.97 15 P phosphorous	32.06 16 S sulphur	35.45 17 Cl chlorine	39.95 18 Ar
4	39.10 19 K potassium	40.08 20 Ca calcium	69.74 31 Ga	72.59 32 Ge	74.92 33 As	78.96 34 Se	79.91 35 Br	83.80 36 Kr
5	85.47 37 Rb	87.62 38 Sr	114.82 49 In	118.69 50 Sn	121.75 51 Sb	127.60 52 Te	126.90 53 I iodine	131.30 54 Xe
6	132.91 55 Cs	137.33 56 Ba	204.37 81 Tl	207.19 82 Pb	208.98 83 Bi	210.00 84 Po	209.99 85 At	222.02 86 Rn
7	223.02 73 Fr	226.03 74 Ra						

non-metals

transition-metals

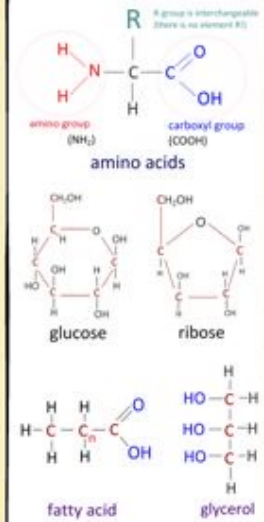
44.96 21 Sc	47.90 22 Ti	50.94 23 V	52.00 24 Cr	54.94 25 Mn manganese	55.85 26 Fe iron	58.93 27 Co cobalt	58.71 28 Ni nickel	63.55 29 Cu copper	65.38 30 Zn zinc
88.91 39 Y	91.22 40 Zr	92.91 41 Nb	95.94 42 Mo	98.91 43 Tc	101.07 44 Ru	102.91 45 Rh	106.42 46 Pd	107.87 47 Ag	112.41 48 Cd
	178.49 72 Hf	180.95 73 Ta	183.85 74 W	186.21 75 Re	190.23 76 Os	192.22 77 Ir	195.09 78 Pt	196.97 79 Au	200.59 80 Hg

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

Organic Compounds

contain carbon and are found in living organisms.

Some examples include:



Some exceptions are:

CO CO_2 oxides of carbon

CO_3^{2-} carbonates

HCO_3^- hydrogen carbonates

$CaCO_3$

Na_2HCO_3 Na_2CO_3

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

N 7 nitrogen

- Amino group of amino acids (the monomers of proteins)

- Also used in chlorophyll.

S 16 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.

Na 11 sodium / **K** 19 potassium

- 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

Fe 26 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

P 15 phosphorous

- Phospholipids make up the plasma membrane.
- Sugar-phosphate backbone of DNA structure.
- Bonds between phosphate ions store energy in ATP.

Ca 20 calcium

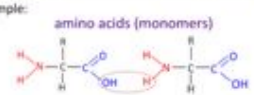
- Extracellular component of bone matrix
- Forms exoskeletons
- Stimulates synaptic transmission between neurons
- Used in muscle contraction

Condensation reactions create bonds between organic molecules, making polymers.

Hydrolysis reactions break bonds.

example:

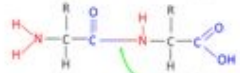
amino acids (monomers)



hydrolysis — condensation

hydrolase used — *polymerase* used

water in — water out



dipeptide (polymer)

Resources used:

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

Designed for the IB Biology course by Stephen Taylor

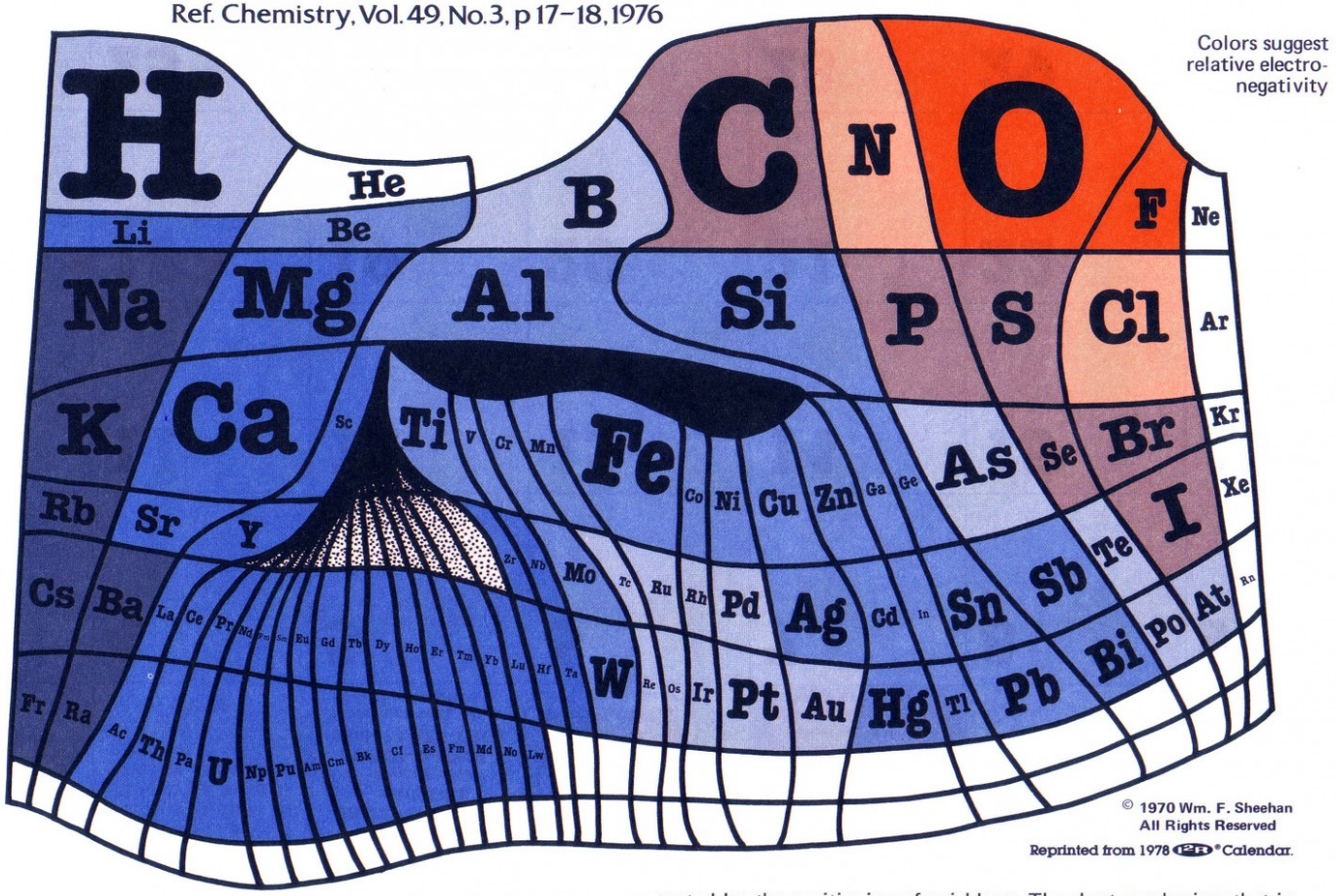
More resources: http://i-Biology.net
Twitter: @IBiologyStephen

This resource has been produced for free use by science teachers and students. It may be printed freely but must not be sold in any form. If you use this resource in your own work, please cite it appropriately.

Geologia

The Elements According to Relative Abundance

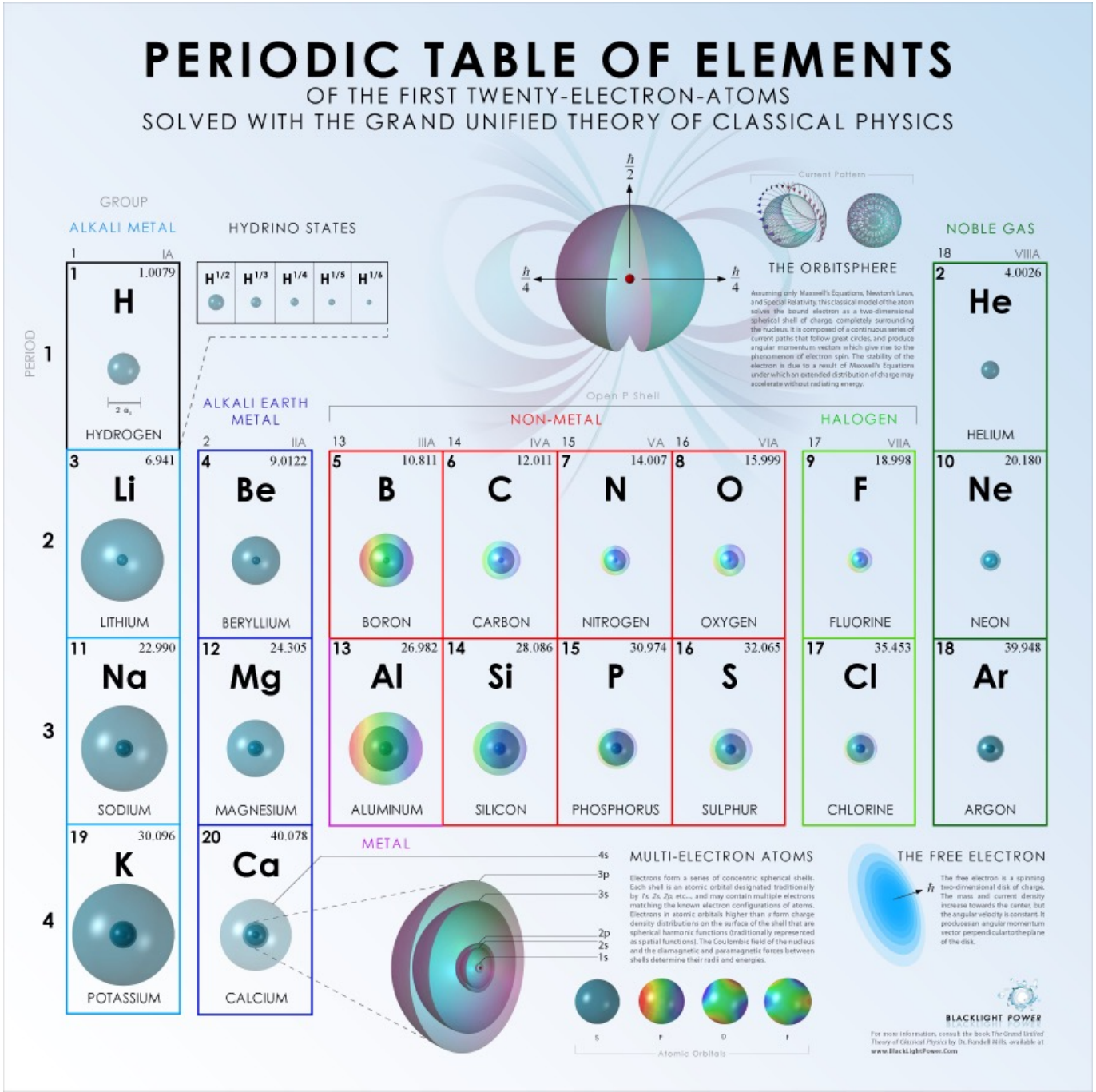
A Periodic Chart by Prof. Wm. F. Sheehan, University of Santa Clara, CA 95053
Ref. Chemistry, Vol. 49, No. 3, p 17–18, 1976



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 suggested 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
GROUP
ALKALI METAL
HYDRINO STATES
NOBLE GAS
PERIOD
ALKALI EARTH METAL
NON-METAL
HALOGEN
METAL
Open P Shell
Current Pattern
THE ORBITSPHERE
Assuming only Maxwell's Equations, Newton's Laws, and Special Relativity, this classical model of the atom solves the bound electron as a two-dimensional spherical shell of charge, completely surrounding the nucleus. It is composed of a continuous series of current paths that follow great circles, and produce angular momentum vectors which give rise to the phenomenon of electron spin. The stability of the electron is due to a result of Maxwell's Equations under which an extended distribution of charge may accelerate without radiating energy.
1 IA 1.0079 H HYDROGEN
2 IIA 9.0122 Be BERYLLIUM
13 IIIA 10.811 B BORON
14 IVA 12.011 C CARBON
15 VA 14.007 N NITROGEN
16 VIA 15.999 O OXYGEN
17 VIIA 18.998 F FLUORINE
18 VIIIA 4.0026 He HELIUM
3 6.941 Li LITHIUM
10 20.180 Ne NEON
11 22.990 Na SODIUM
12 24.305 Mg MAGNESIUM
13 26.982 Al ALUMINUM
14 28.086 Si SILICON
15 30.974 P PHOSPHORUS
16 32.065 S SULPHUR
17 35.453 Cl CHLORINE
18 39.948 Ar ARGON
19 30.096 K POTASSIUM
20 40.078 Ca CALCIUM
MULTI-ELECTRON ATOMS
Electrons form a series of concentric spherical shells. Each shell is an atomic orbital designated traditionally by 1s, 2s, 2p, etc.., and may contain multiple electrons matching the known electron configurations of atoms. Electrons in atomic orbitals higher than s form charge density distributions on the surface of the shell that are spherical harmonic functions (traditionally represented as spatial functions). The Coulombic field of the nucleus and the diamagnetic and paramagnetic forces between shells determine their radii and energies.
4s
3p
3s
2p
2s
1s
Atomic Orbitals
THE FREE ELECTRON
The free electron is a spinning two-dimensional disk of charge. The mass and current density increase towards the center, but the angular velocity is constant. It produces an angular momentum vector perpendicular to the plane of the disk.
BLACKLIGHT POWER
For more information, consult the book The Grand Unified Theory of Classical Physics by Dr. Randell Mills, available at www.BlackLightPower.Com

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:

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

Term *p=1,2,3,4....* 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.

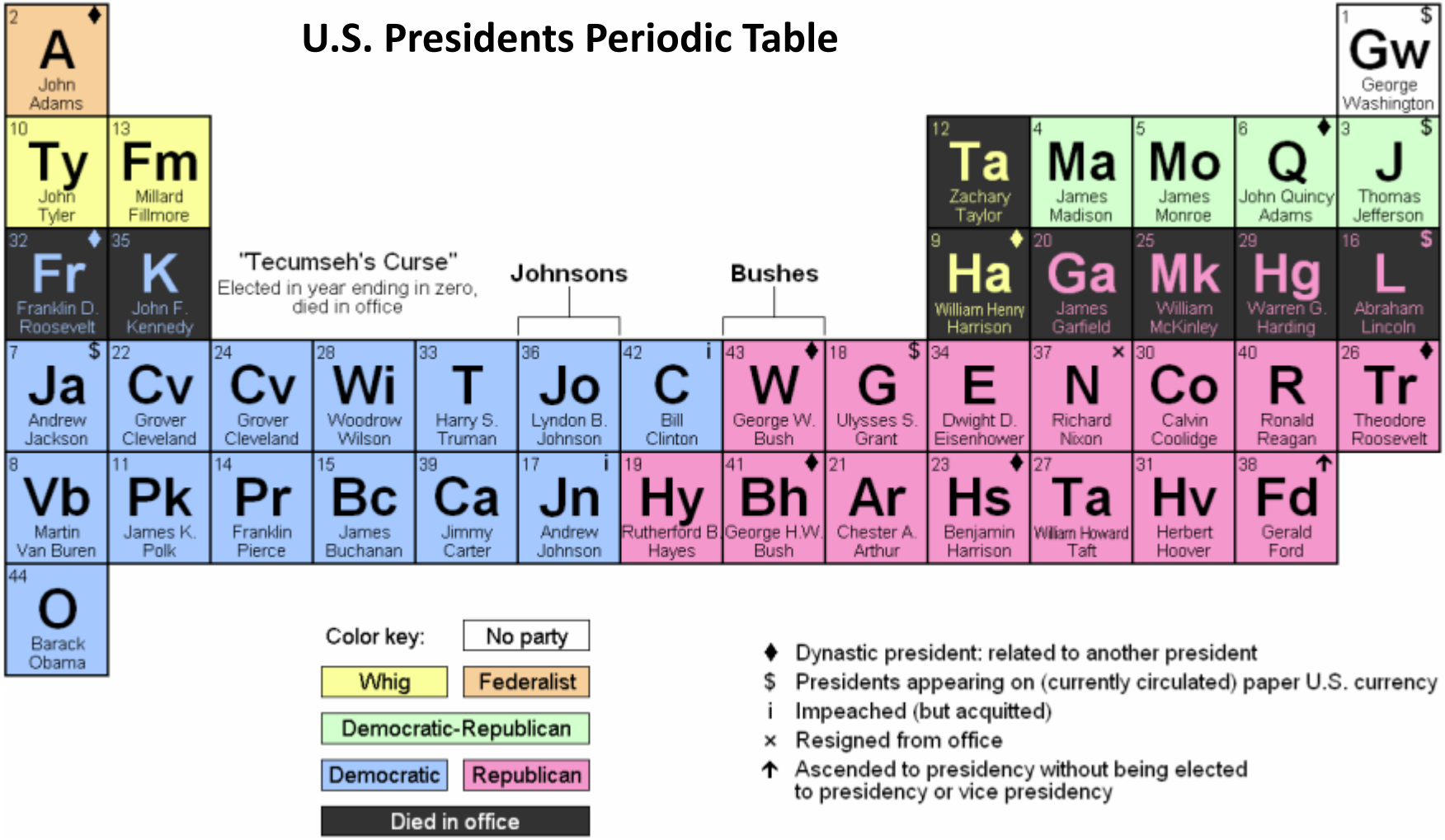
Conclusion:

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,....

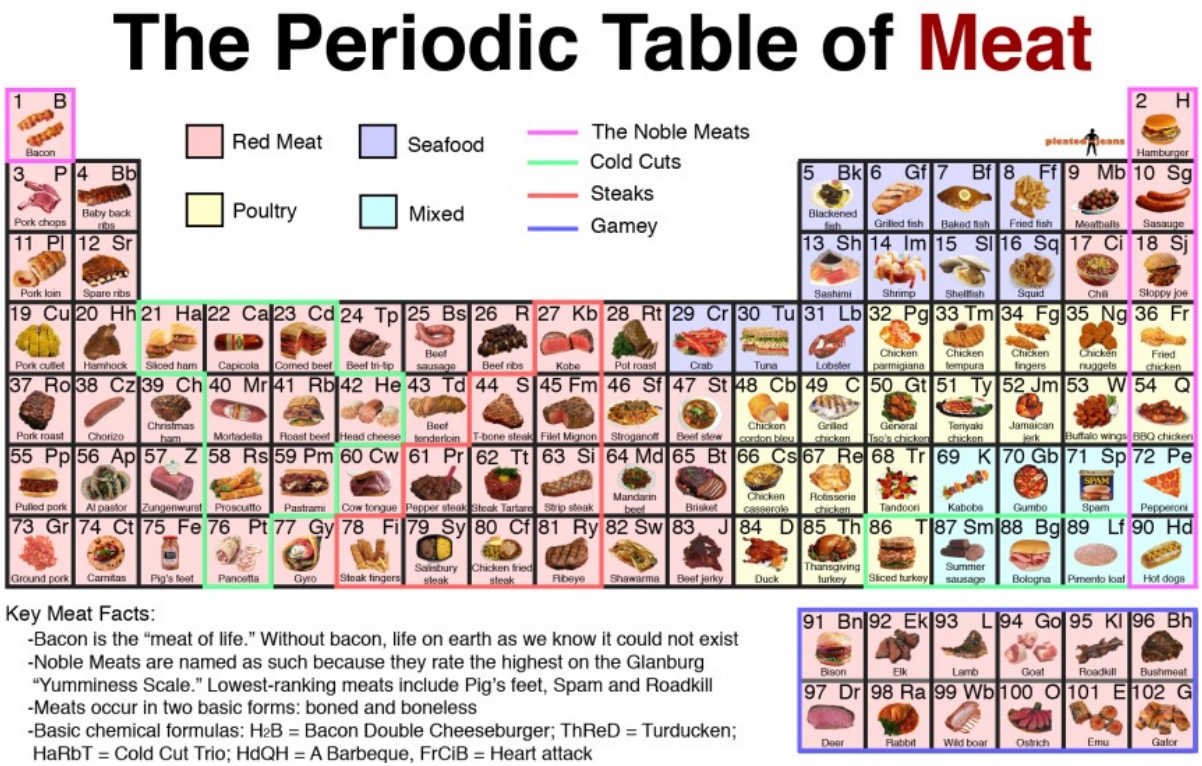
Valery Tsimmerman

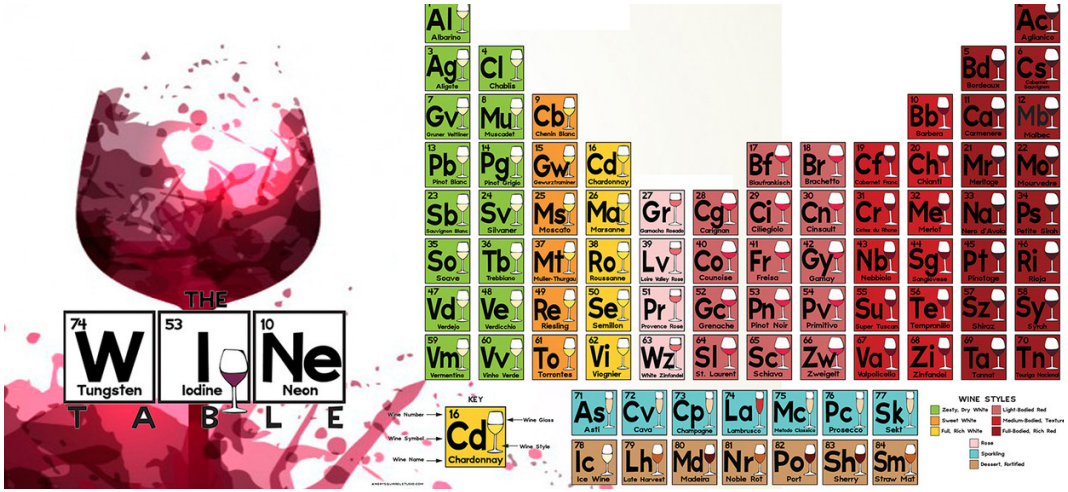
La Tavola Periodica non è solo scienza

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



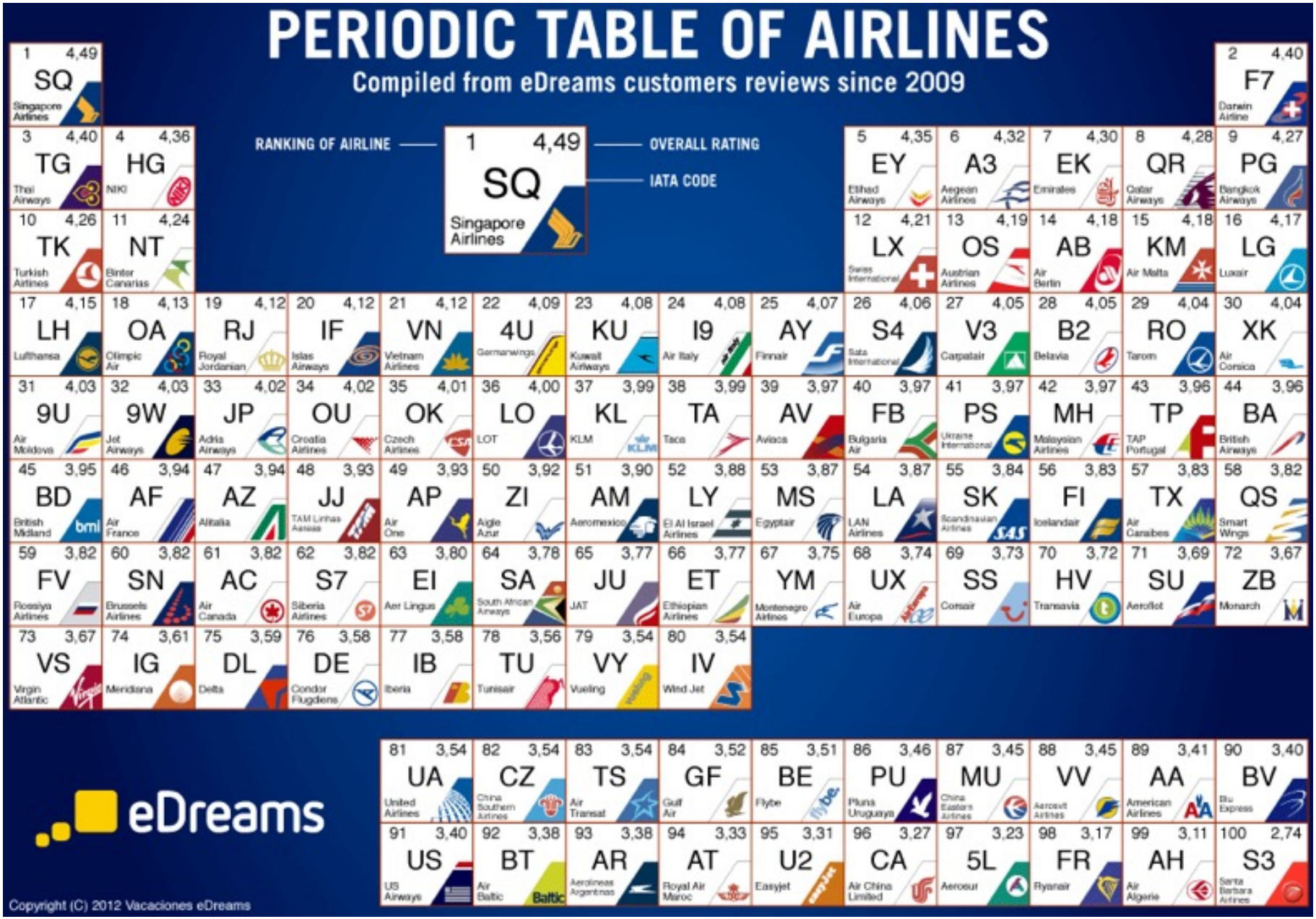
La sua forma è usata per ordinare ogni tipo di "cose"



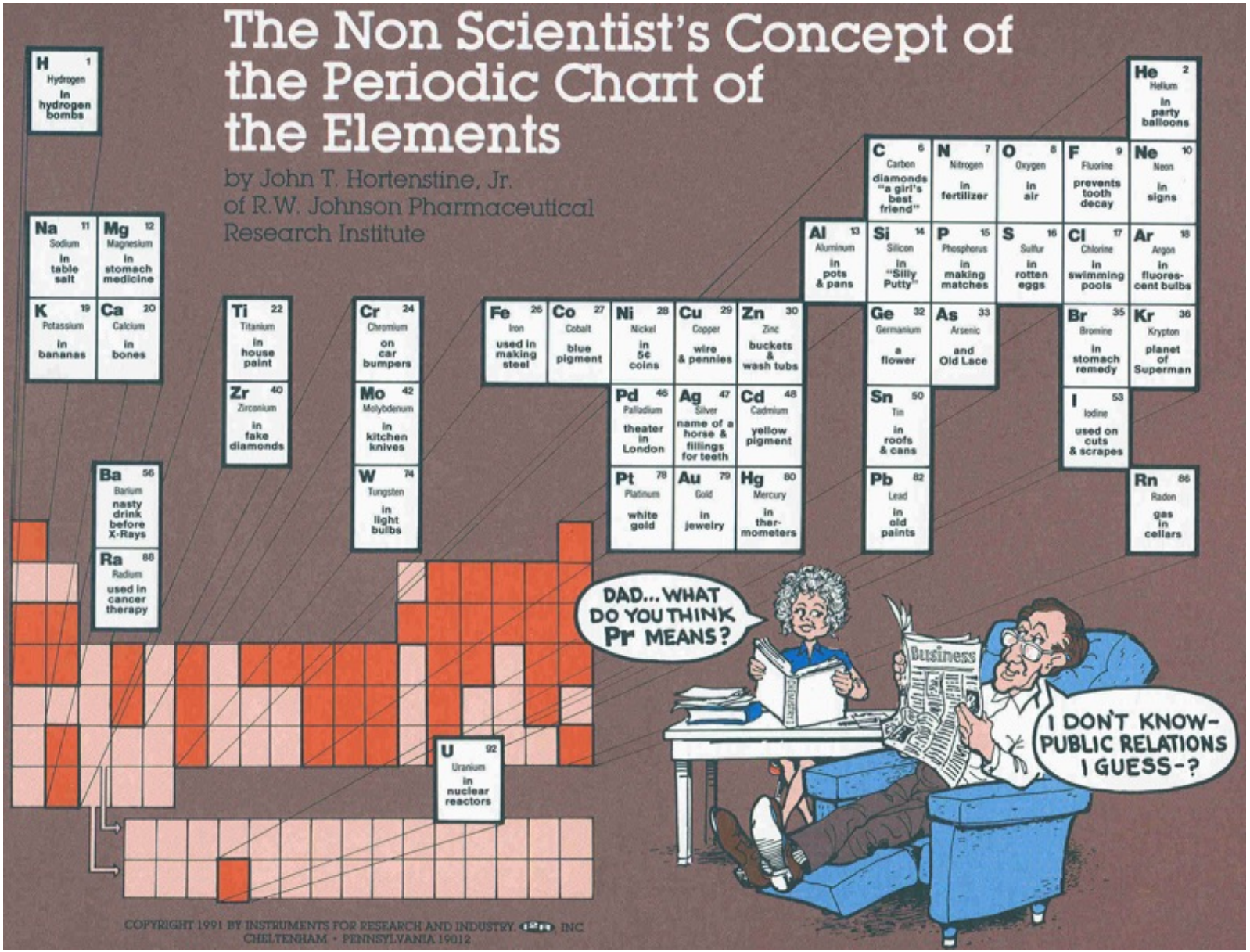


La sua forma è usata per ordinare ogni tipo di "cose"

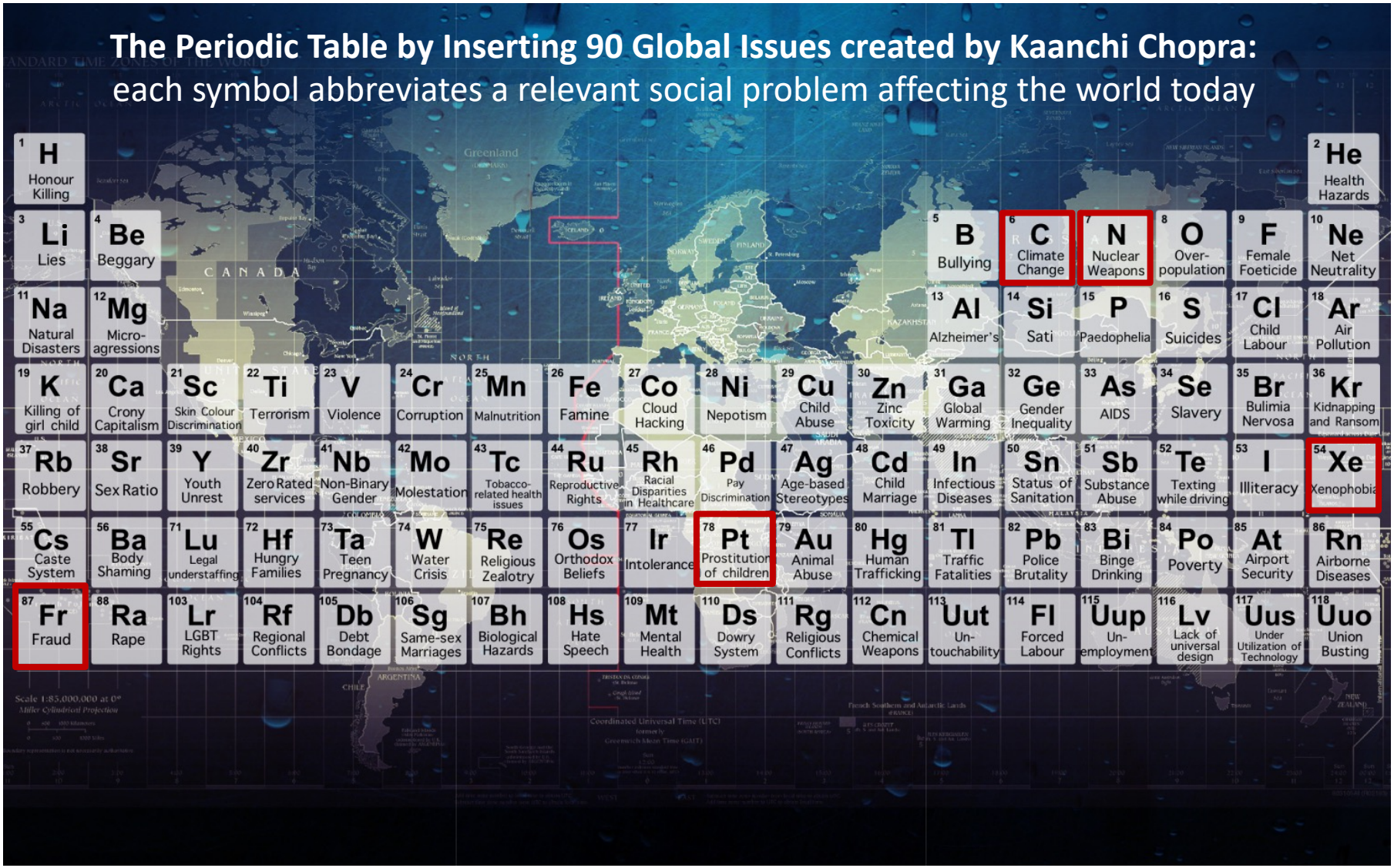
La sua forma è usata per ordinare ogni tipo di "cose"



Tavole Periodiche per ogni gusto

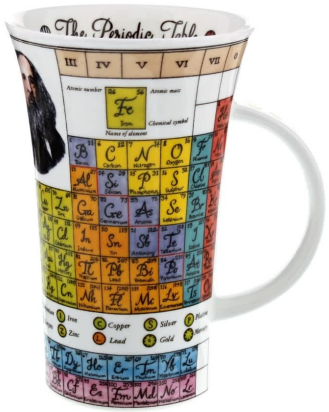


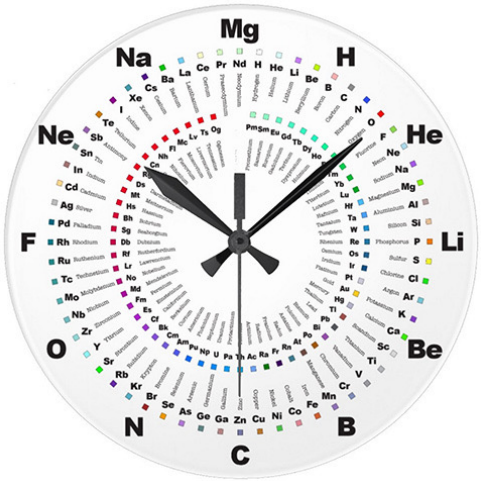
Tavole Periodiche per ogni gusto

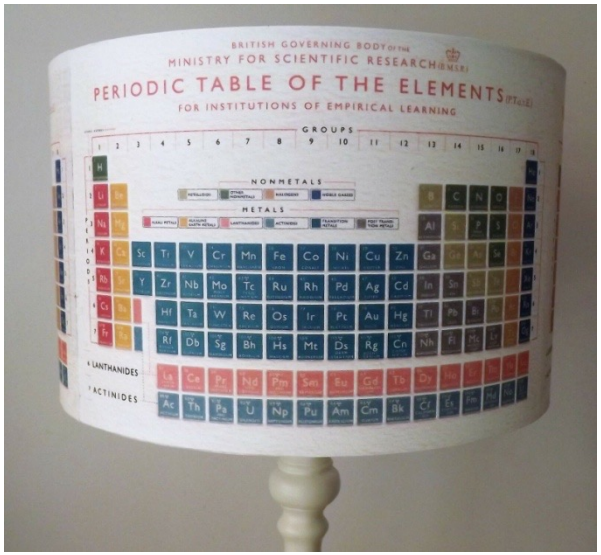


Oggetti che riproducono la Tavola Periodica

Oggetti che riproducono la Tavola Periodica

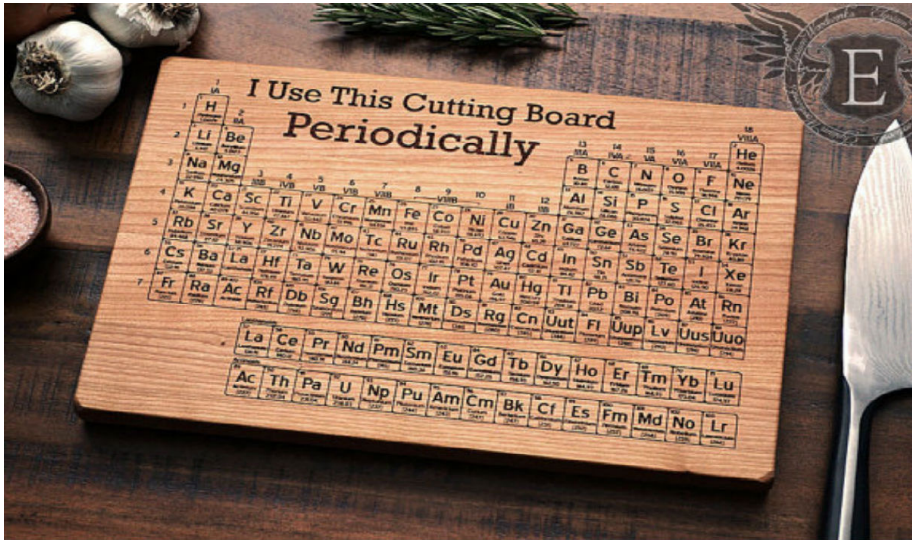




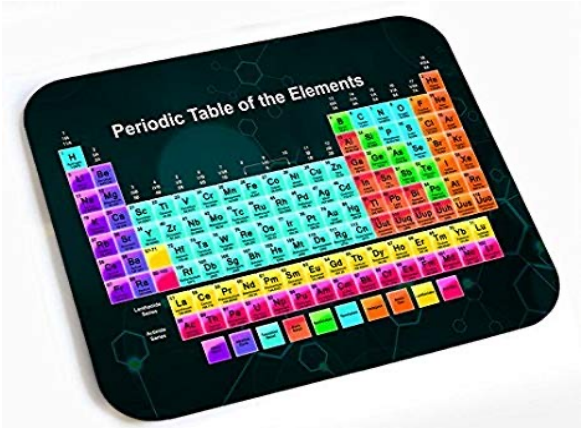


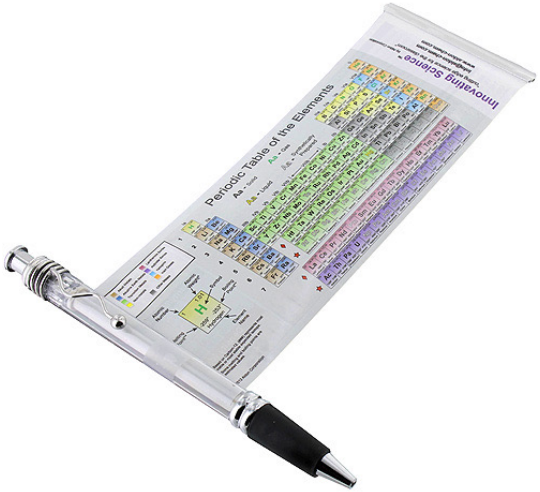
Shower curtain

Oggetti che riproducono la Tavola Periodica



Oggetti che riproducono la Tavola Periodica

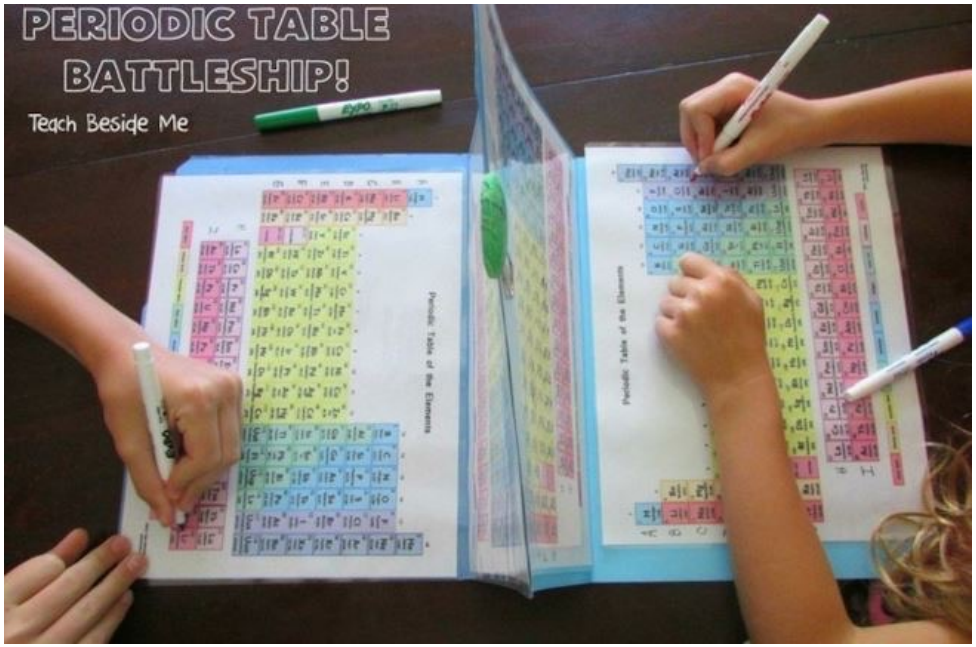




Oggetti che riproducono la Tavola Periodica

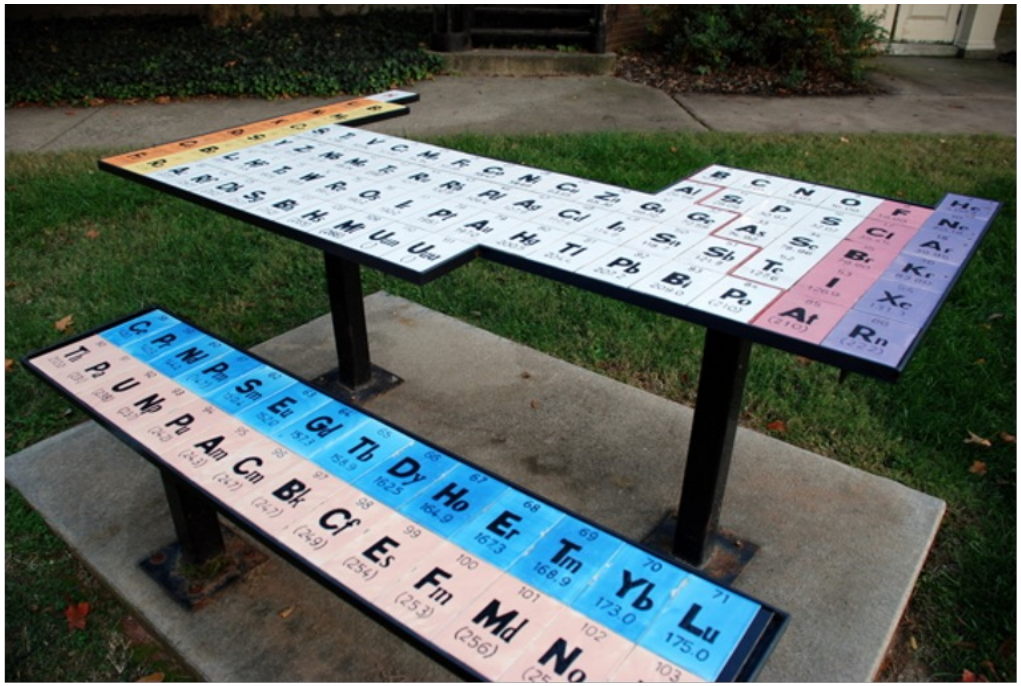
Oggetti che riproducono la Tavola Periodica

Playing cards



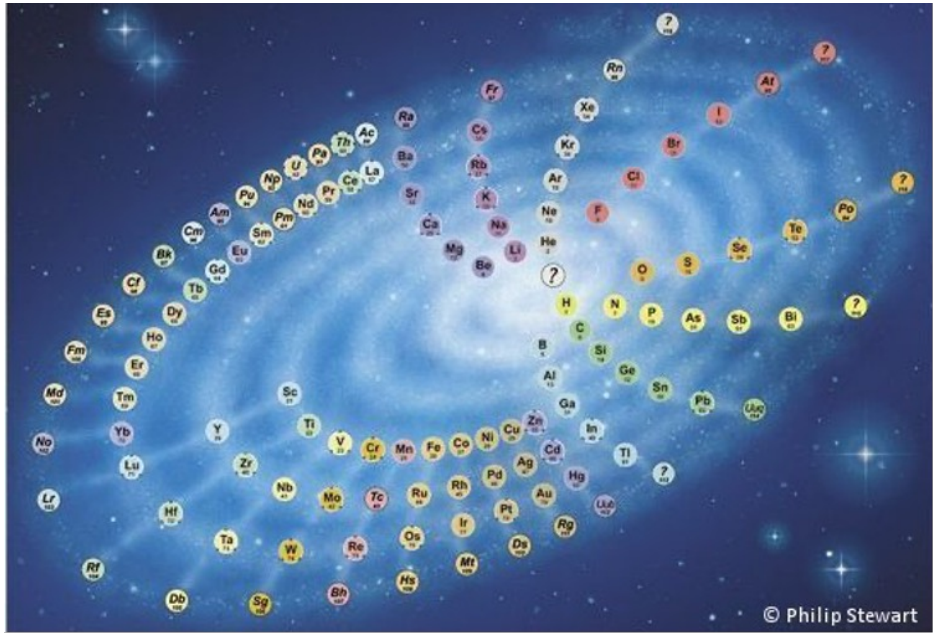
Oggetti che riproducono la Tavola Periodica

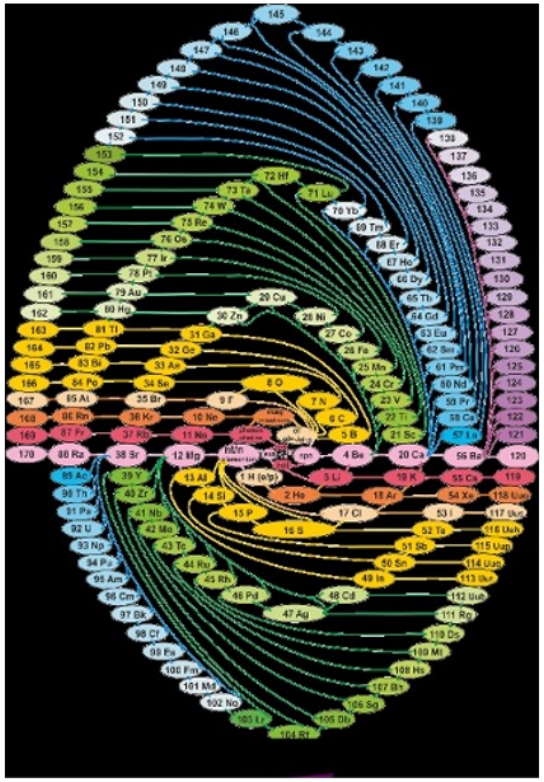
Una Tavola Periodica
su cui mangiare

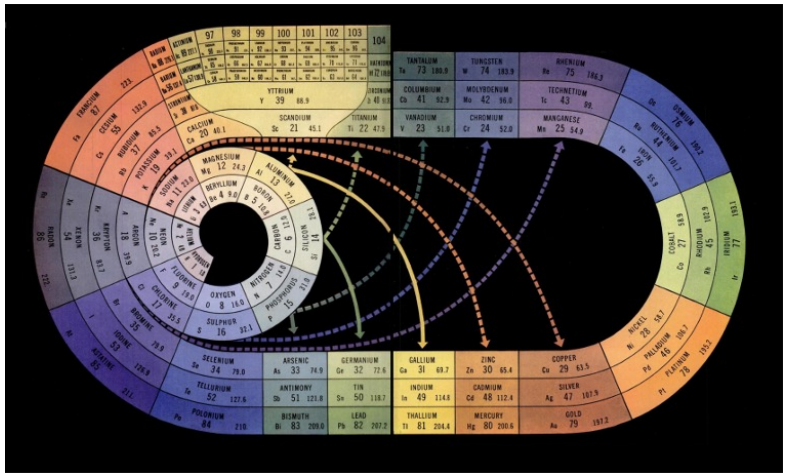


Una "dolce" Tavola
Periodica da mangiare

Tavola Periodica e rappresentazioni artistiche







Monumenti dedicati alla Tavola Periodica

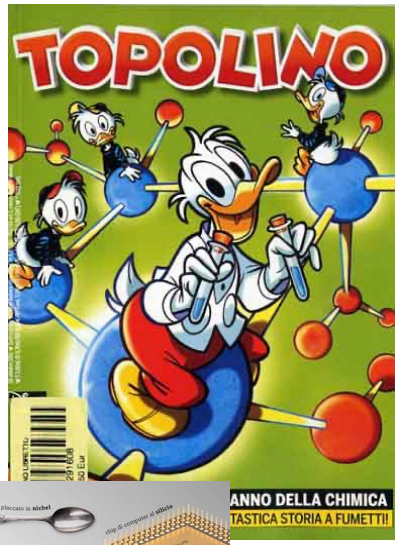
Bratislava, Slovacchia

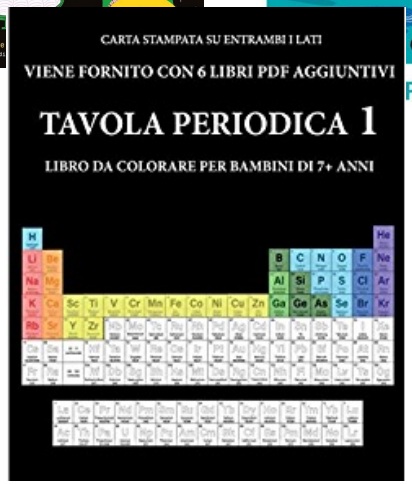
Tavole Periodiche sugli edifici

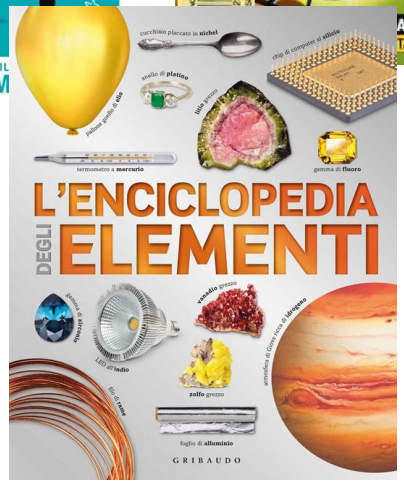
Murcia (Spagna)

La Tavola Periodica fra scienza e letteratura

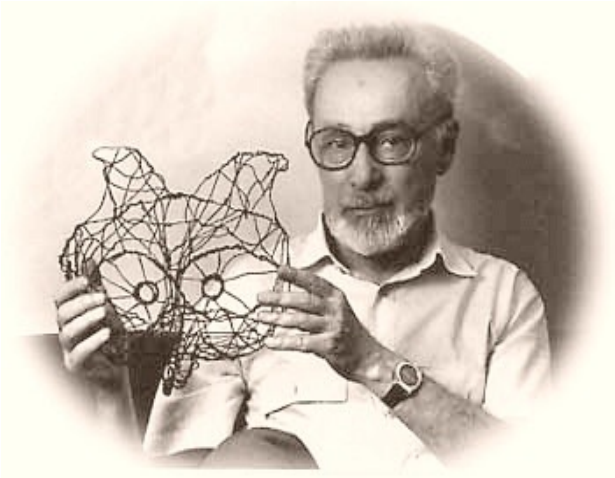
La Tavola Periodica fra scienza e letteratura



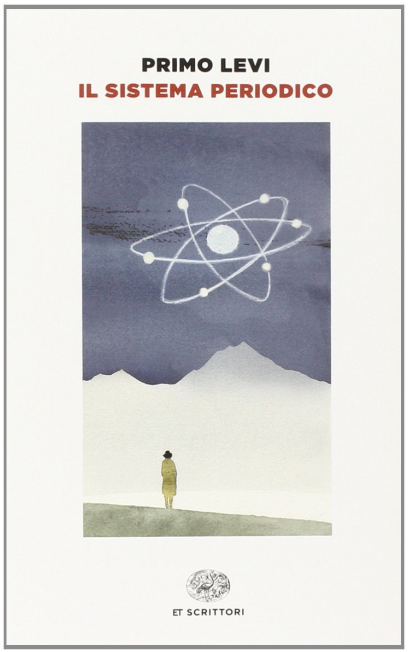


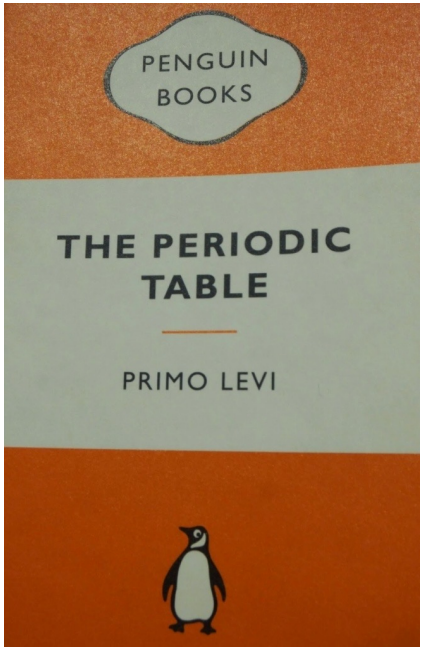


1975

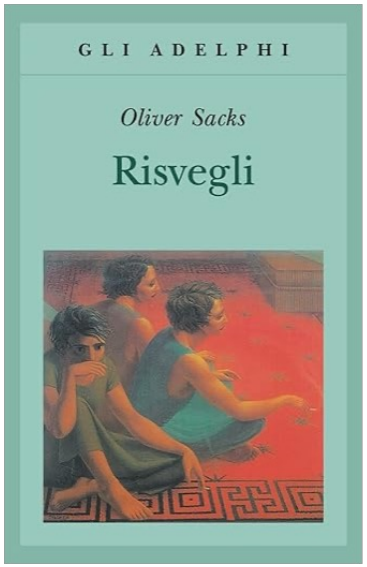


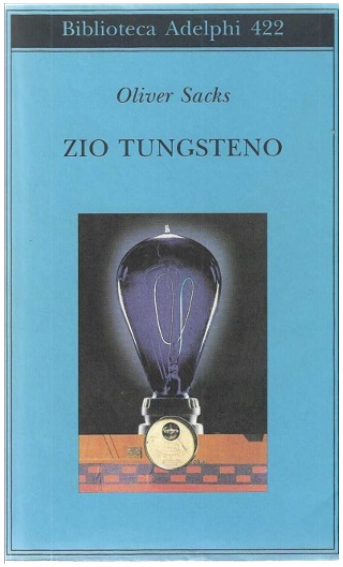
Primo Levi (1919 – 1987)





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





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

Oltre alla Tavola Periodica "ufficiale" della IUPAC

IUPAC Periodic Table of the Elements

Key: atomic number **Symbol** name — conventional atomic weight / standard atomic weight

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	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											5 **B** boron 10.81 [10.806, 10.821]	6 **C** carbon 12.011 [12.009, 12.012]	7 **N** nitrogen 14.007 [14.006, 14.008]	8 **O** oxygen 15.999 [15.999, 16.000]	9 **F** fluorine 18.998	10 **Ne** neon 20.180
11 **Na** sodium 22.990	12 **Mg** magnesium 24.305 [24.304, 24.307]											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** oganesson

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

INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY

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.

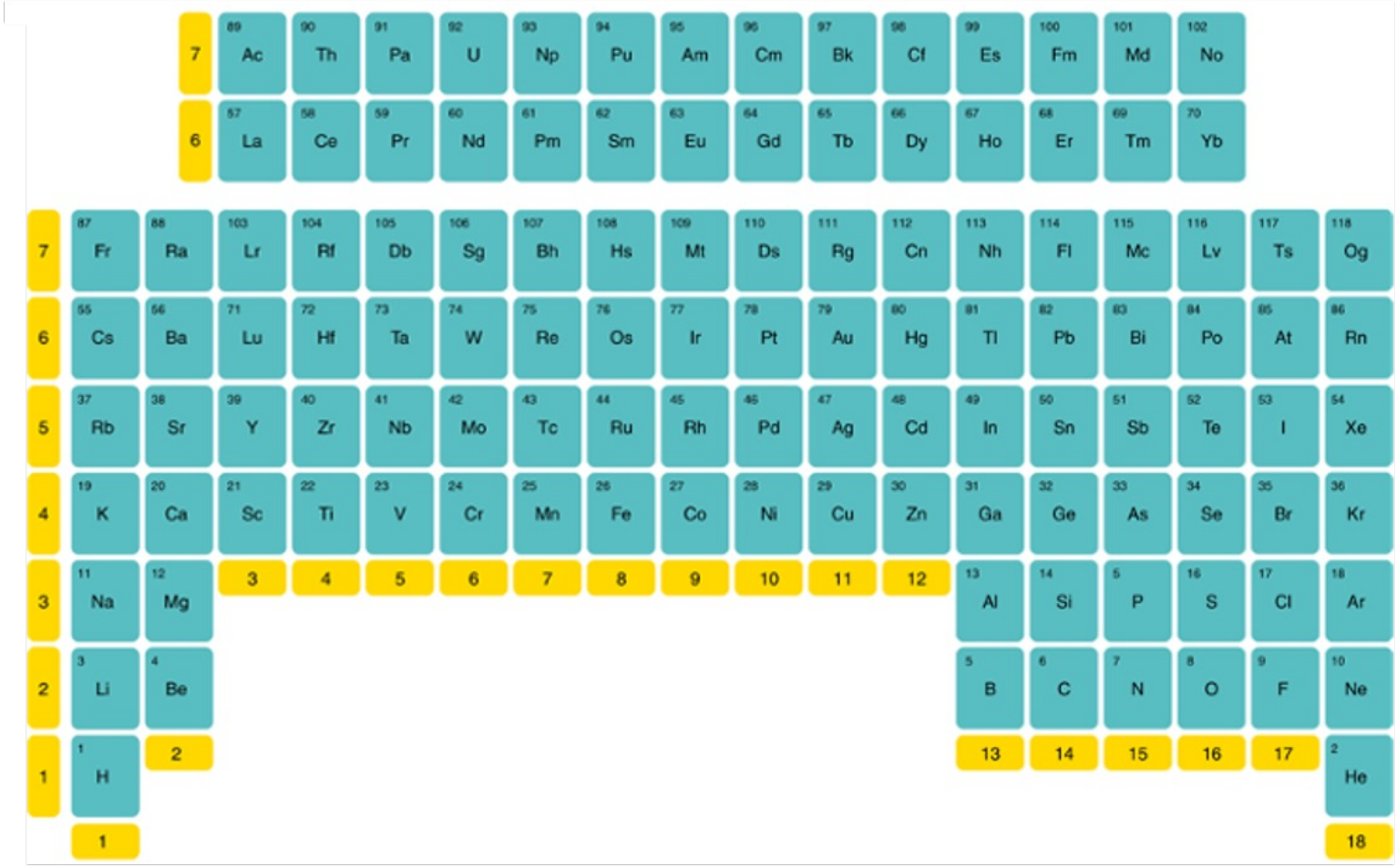
nel 2019 sono state pubblicate altre versioni di questo documento molto interessanti

Una Tavola Periodica "rovesciata"

Turning the periodic table upside down

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

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

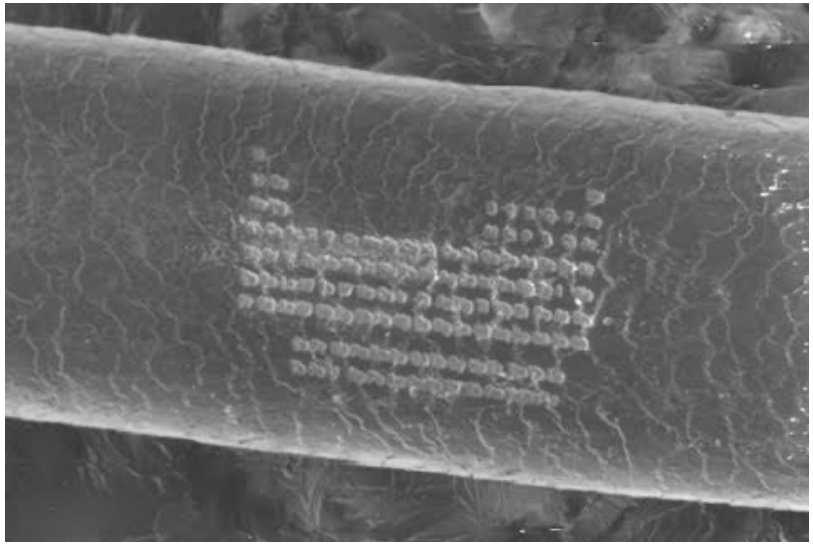


Il vantaggio: molte delle proprietà crescono dal basso verso l'alto e gli elettroni cominciano a riempire gli orbitali ad energia più bassa partendo dal basso, come "l'acqua che riempie un bicchiere"

Una Tavola Periodica piccolissima

La Tavola Periodica più piccola al mondo è stata realizzata nel dicembre 2010 ed è stata regalata a Martyn Poliakoff per il suo 63° il compleanno

La Tavola Periodica è stata incisa su un capello di Poliakoff usando un fascio di ioni e un microscopio elettronico:
misura 89,67 μm in larghezza e 46,39 μm in altezza



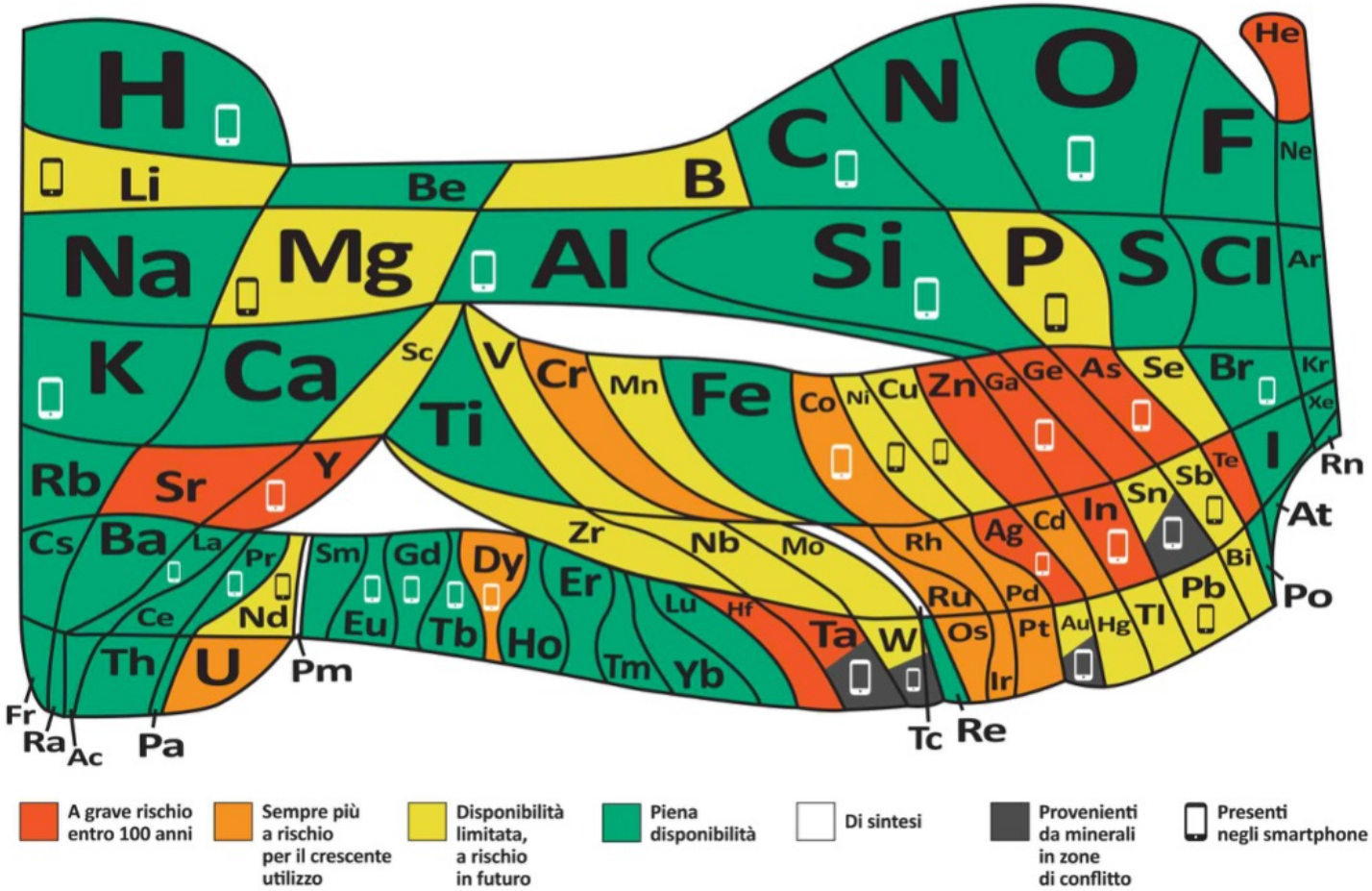
World's smallest periodic table was created on a strand of hair at the University of Nottingham. In this periodic table, each symbol measures about 4 millionths of a meter across.

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

2019 IYPT International Year of the Periodic Table of Chemical Elements

Gli elementi chimici naturali e disponibilità sul pianeta Terra

Società Chimica Italiana



EuChemS
European Chemical Society

La materia che troviamo oggi sulla Terra è quella che si è formata nei momenti iniziali della sua vita e non è possibile aggiungerne altra: la Terra è un sistema isolato

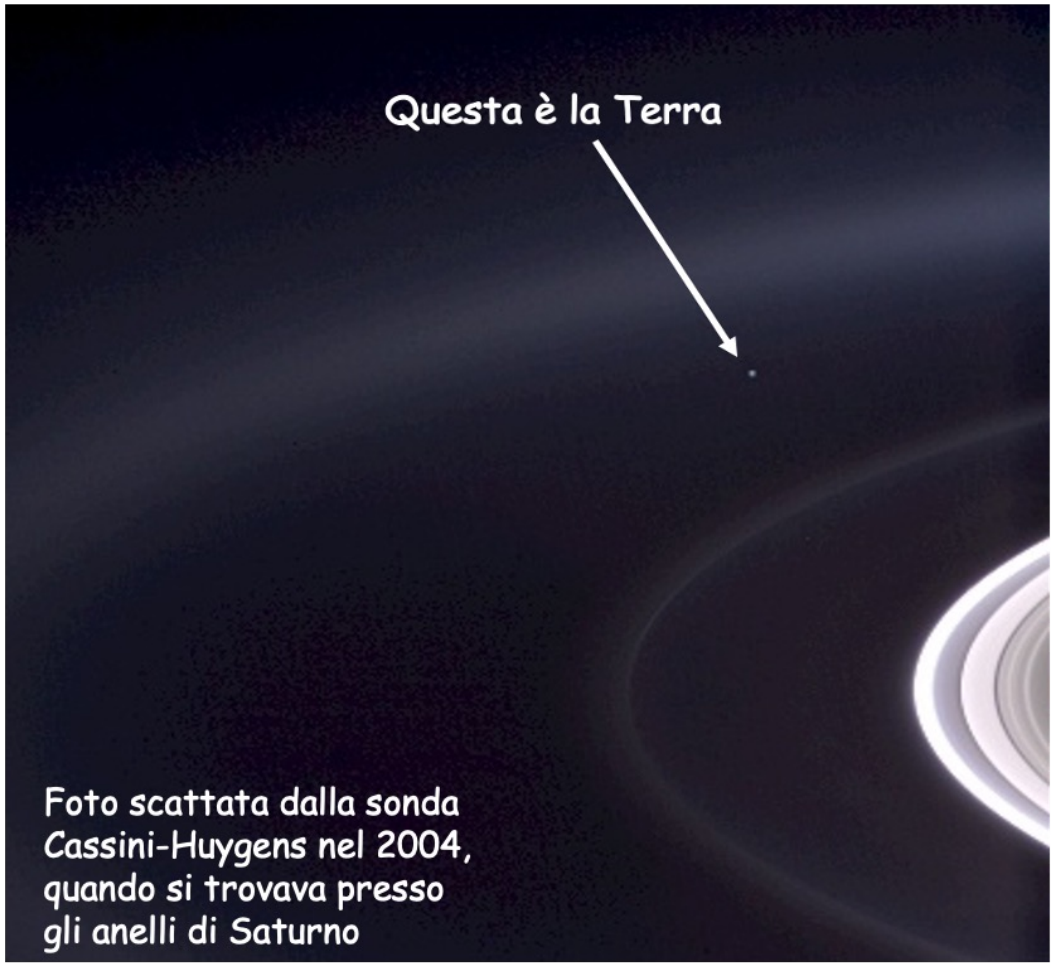
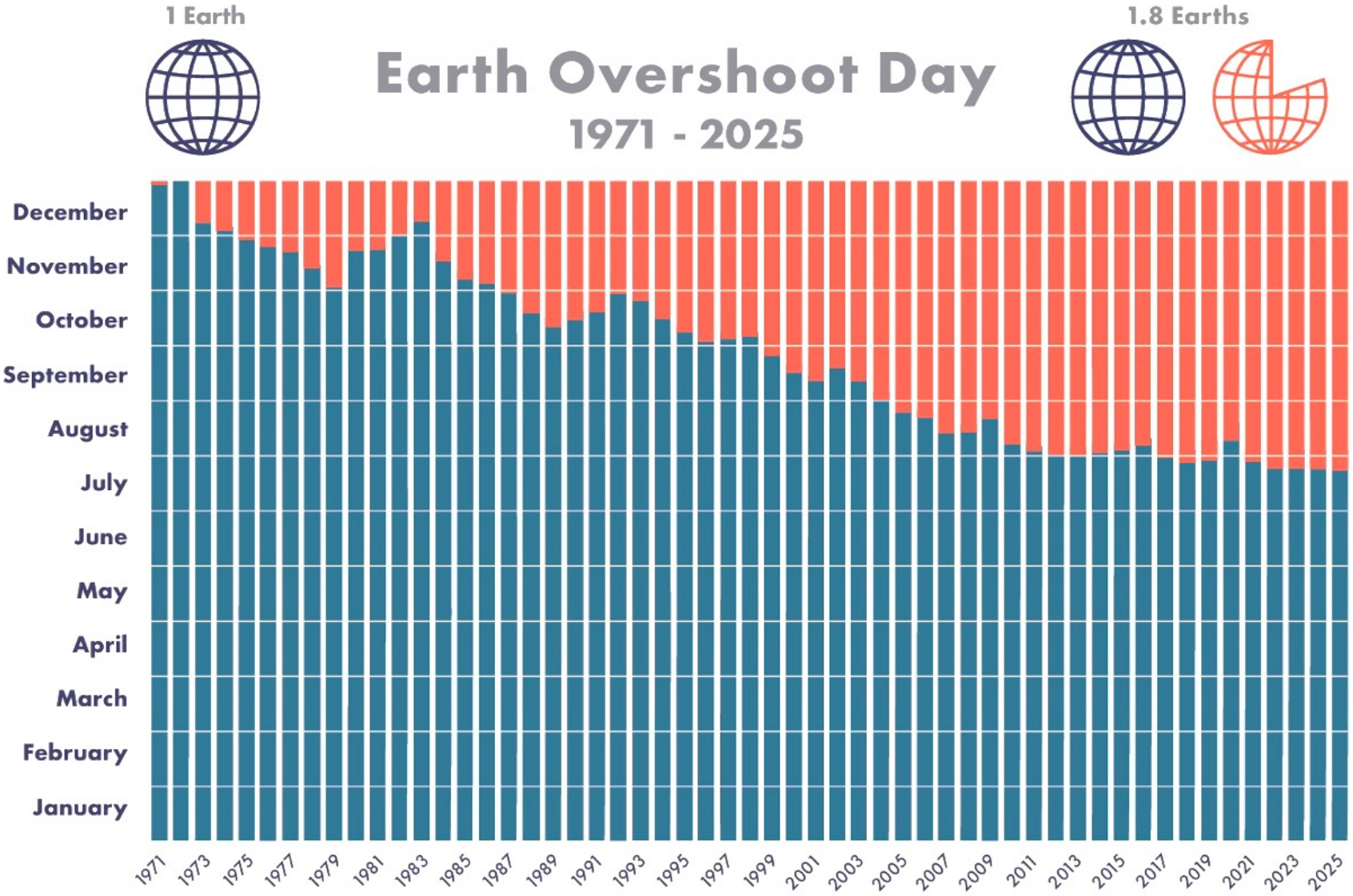


Foto scattata dalla sonda Cassini-Huygens nel 2004, quando si trovava presso gli anelli di Saturno

La Terra è anche un sistema finito: tutto ciò che si trova sul pianeta è in quantità limitata



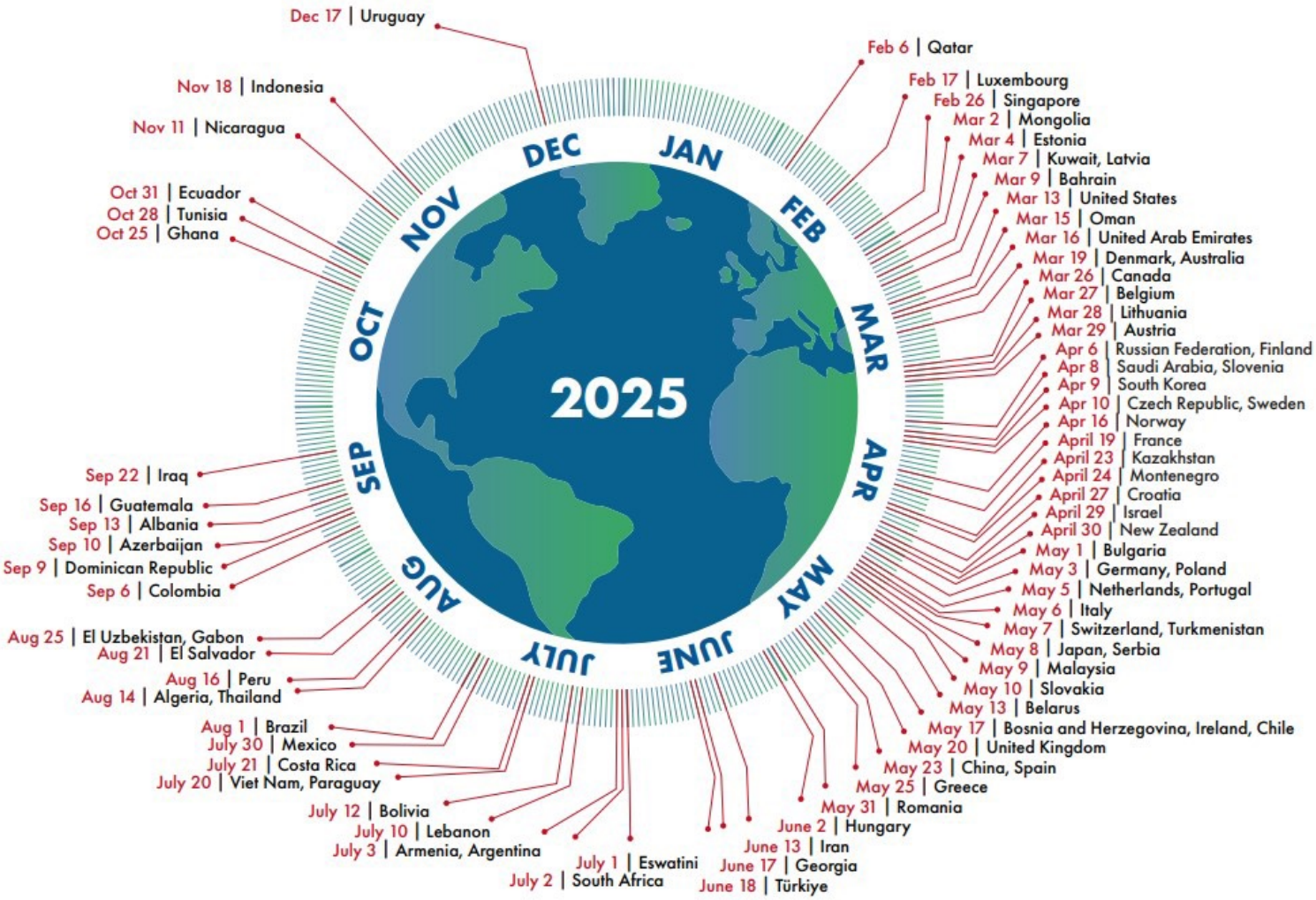
EARTH OVERSHOOT DAY

fodafo

Global Footprint Network
Advancing the Science of Sustainability

Country Overshoot Days 2025

When Earth Overshoot Day would land if all the people around the world lived like...



For more information, visit:
https://overshootday.org/newsroom/country-overshoot-days/

Source: National Footprint and Biocapacity Accounts, preliminary 2025 Edition
York University, FoDaFo, Global Footprint Network, data.footprintnetwork.org

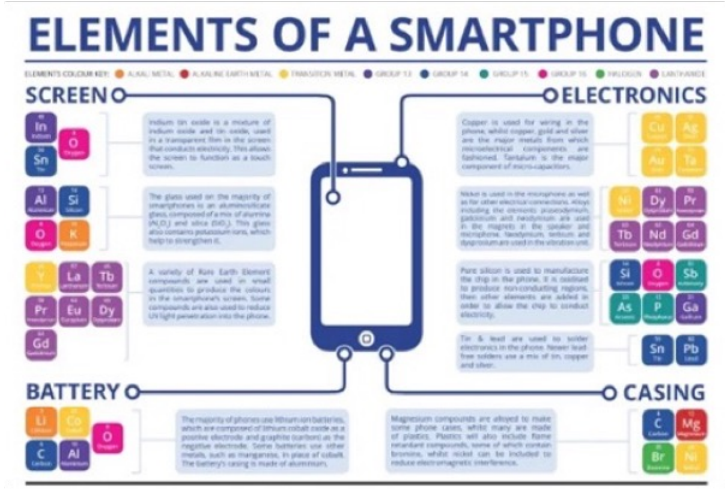
EARTH OVERSHOOT DAY

Global Footprint Network
Advancing the Science of Sustainability

Quanti elementi usiamo

Una casa prima del 1950

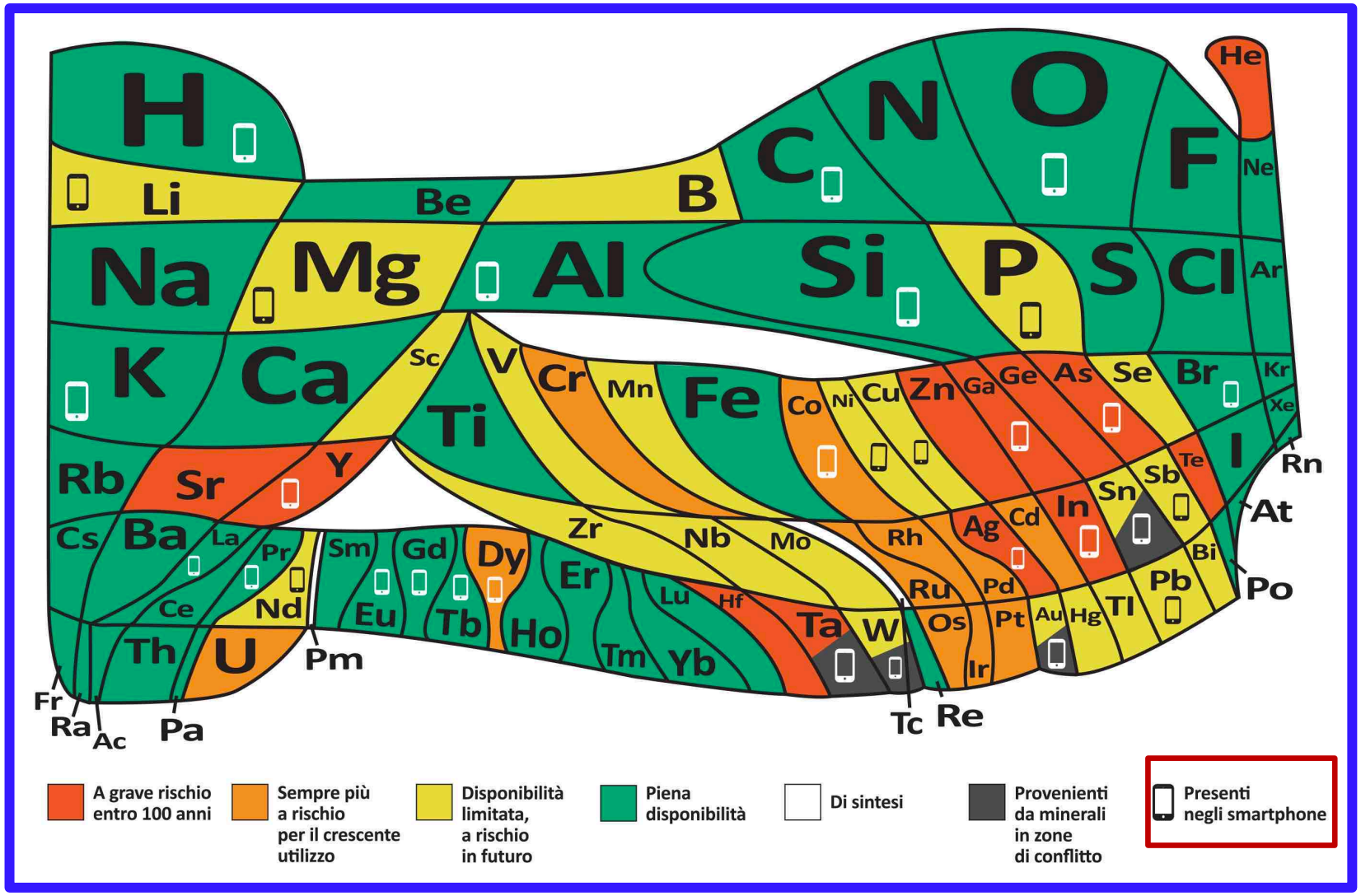
Una casa del 1990: ca. 20 elementi chimici



Oltre 40 elementi chimici contenuti in un solo smartphone

Grande intensificazione materiale

Ci basteranno?

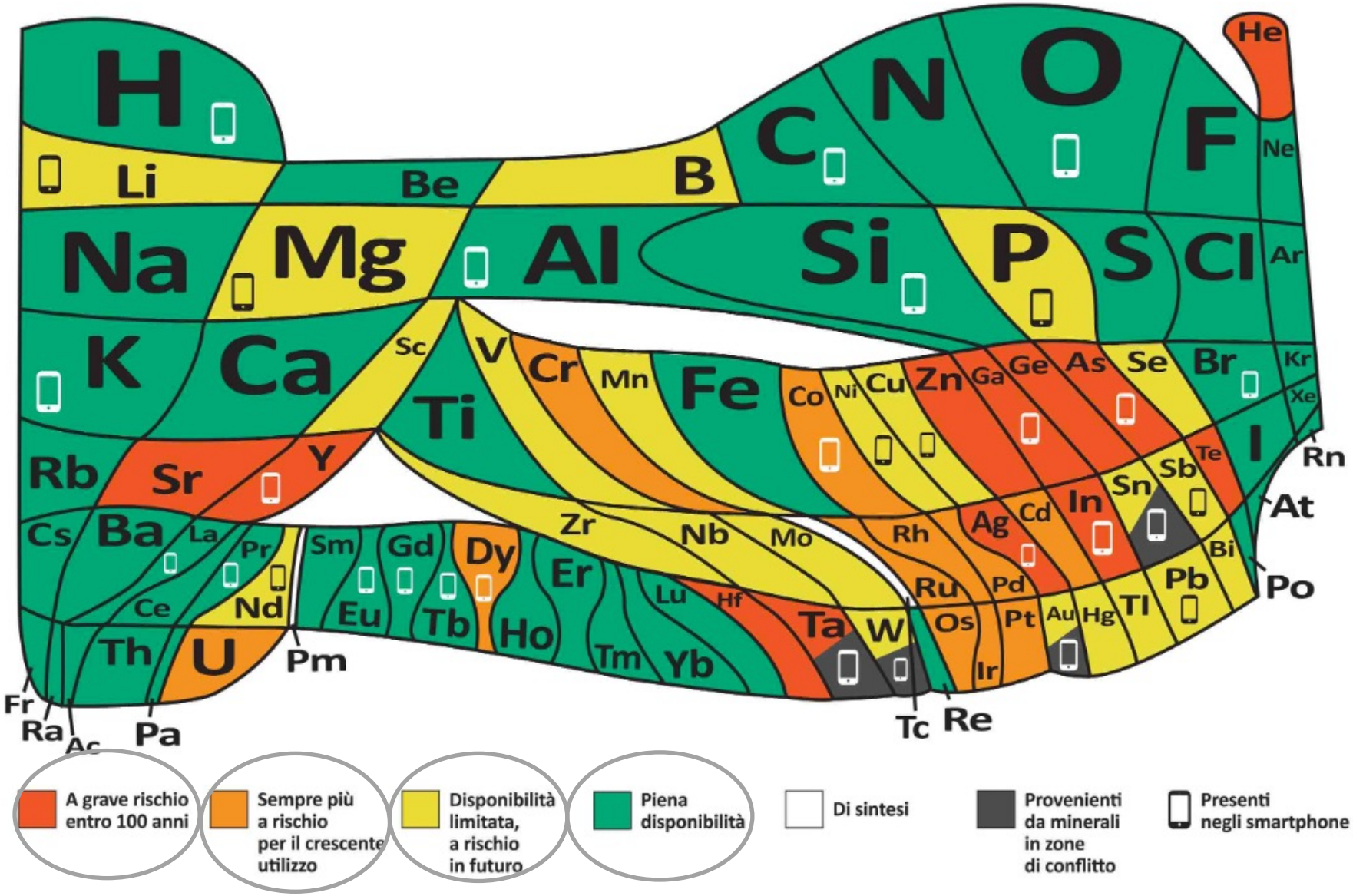


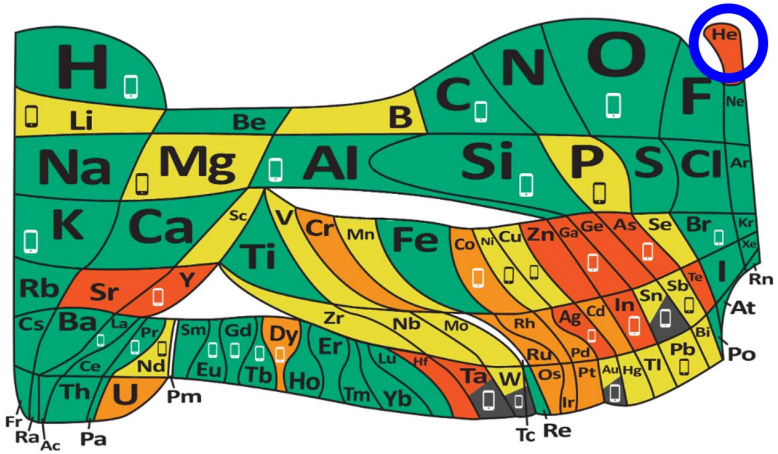
Uno smartphone è una sorta di campionario ambulante della Tavola Periodica

Una grande intensificazione materiale caratterizza il nostro attuale sviluppo

150 anni per "apparecchiare" la Tavola Periodica

Forse molti meno per "sparecchiarla"

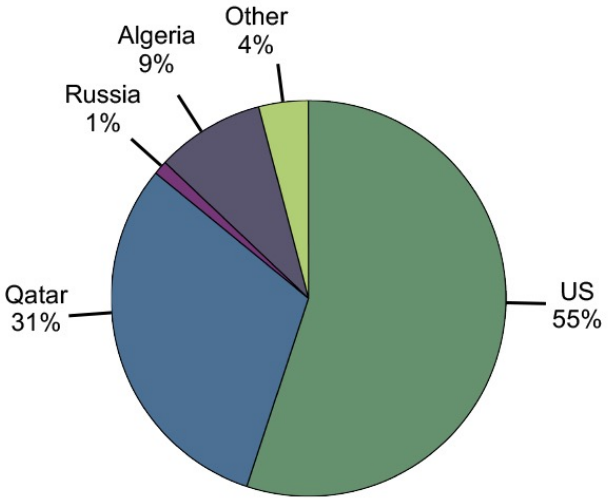

H
He
Li
Be
B
C
N
O
F
Ne
Na
Mg
Al
Si
P
S
Cl
Ar
K
Ca
Sc
Ti
V
Cr
Mn
Fe
Co
Ni
Cu
Zn
Ga
Ge
As
Se
Br
Kr
Rb
Sr
Y
Zr
Nb
Mo
Rh
Ag
Cd
In
Sn
Sb
Te
I
Xe
Cs
Ba
La
Ce
Pr
Nd
Pm
Sm
Eu
Gd
Tb
Dy
Ho
Er
Tm
Yb
Lu
Hf
Ta
W
Re
Os
Ir
Pt
Au
Hg
Tl
Pb
Bi
Po
At
Rn
Th
U
Pa
Fr
Ra
Ac
Tc
Ru
Pd
A grave rischio entro 100 anni
Sempre più 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

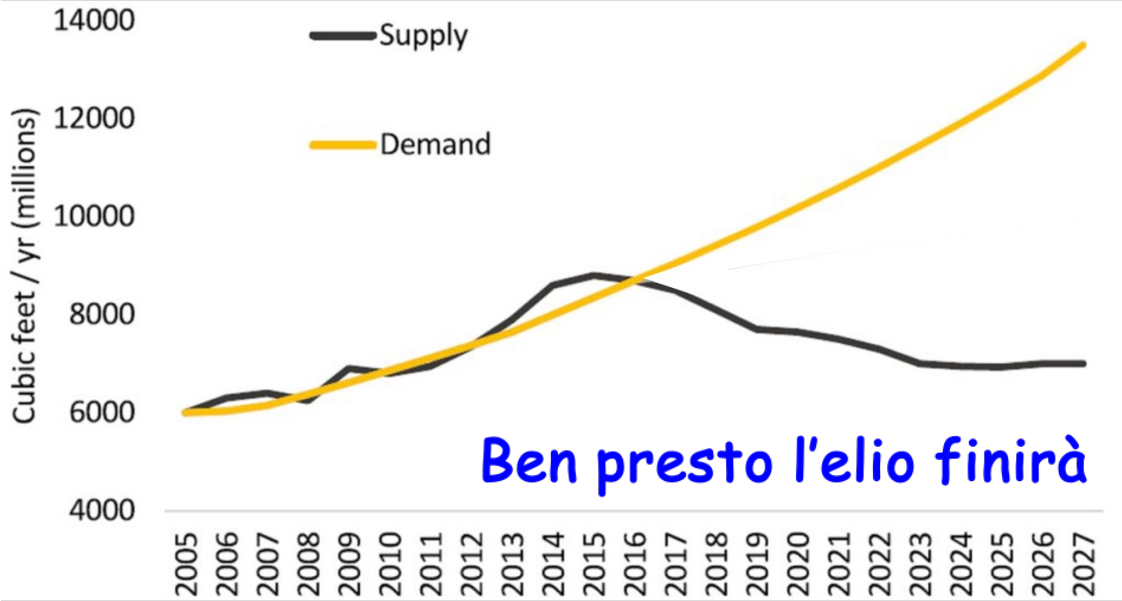


Secondo elemento più abbondante nell'universo; molto raro sulla Terra

Si ottiene per distillazione frazionata del gas naturale (costituito principalmente di CH_4)

Maggiori produttori





Ben presto l'elio finirà

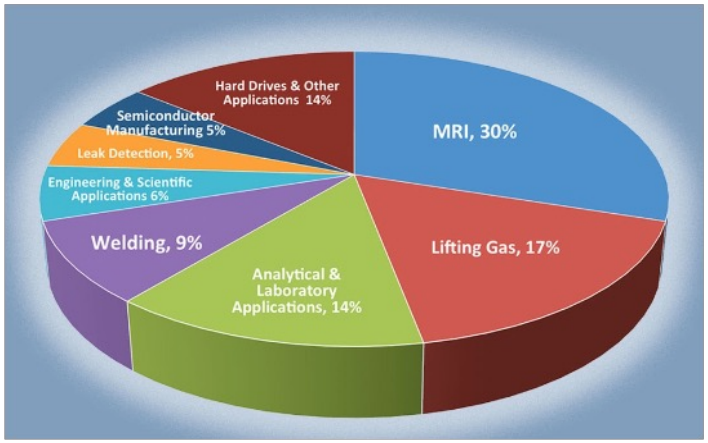
Recentemente scoperti due grandi giacimenti in Africa

Proprietà fisiche uniche

- Punto di ebollizione: -268,93 °C
- Punto di fusione: -272,20 °C
- Non infiammabilità

Utilizzi

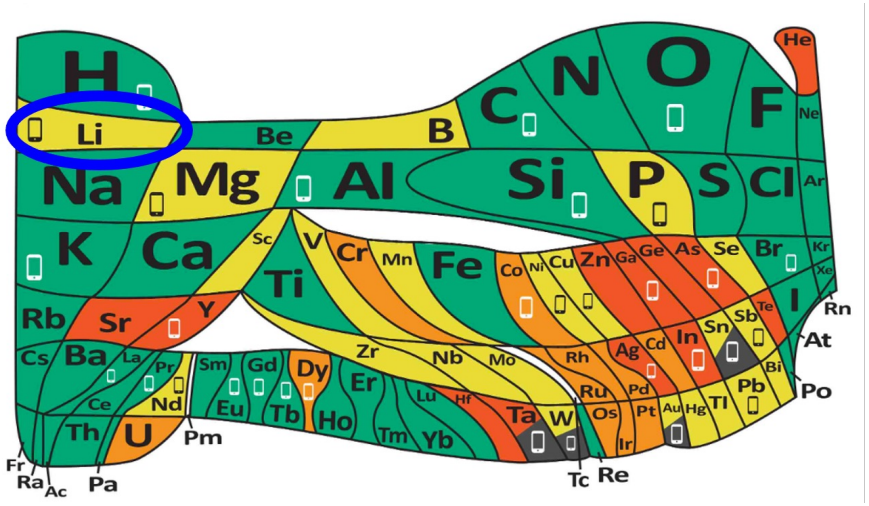
Liquido di raffreddamento per NMR

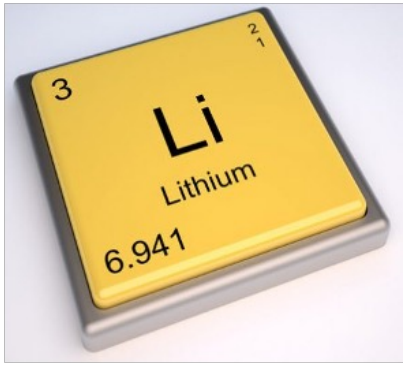


Gas di riempimento per areostati e palloni sonda

Gas protettivo per la saldatura ad arco

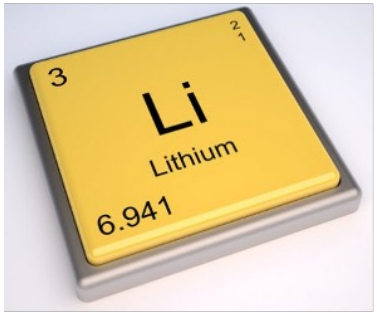
Gas nelle miscele per immersioni profonde





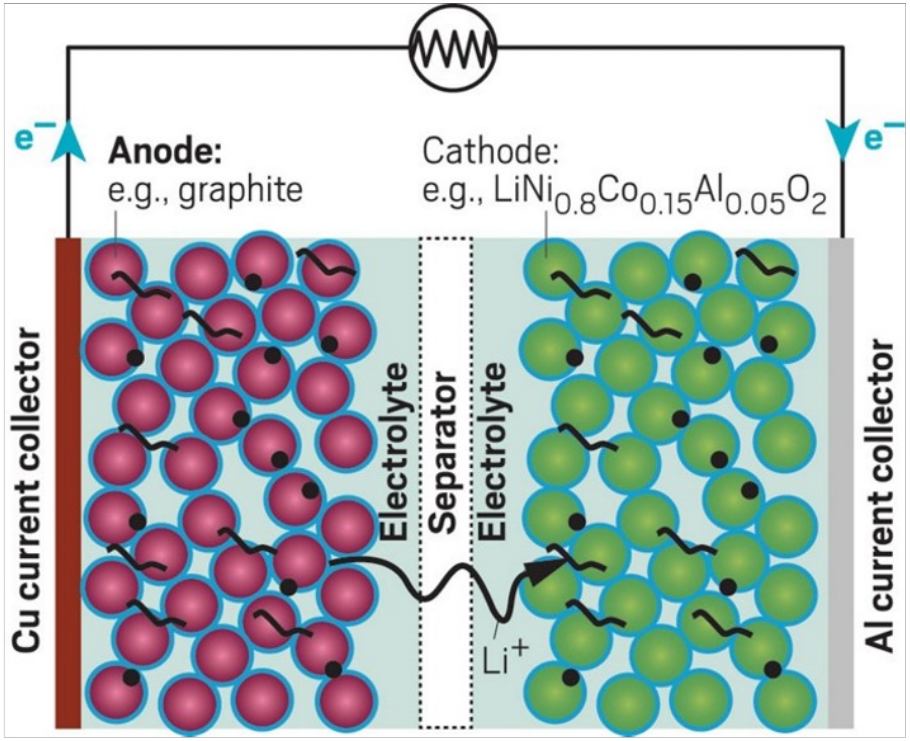
Maggiori produttori: Australia, Cile, Cina

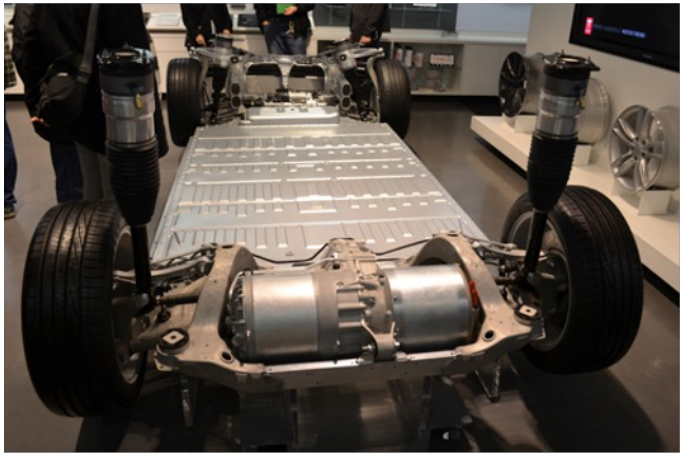
La più grande riserva mondiale: Salar de Uyuni in Bolivia (10.000 km²)



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

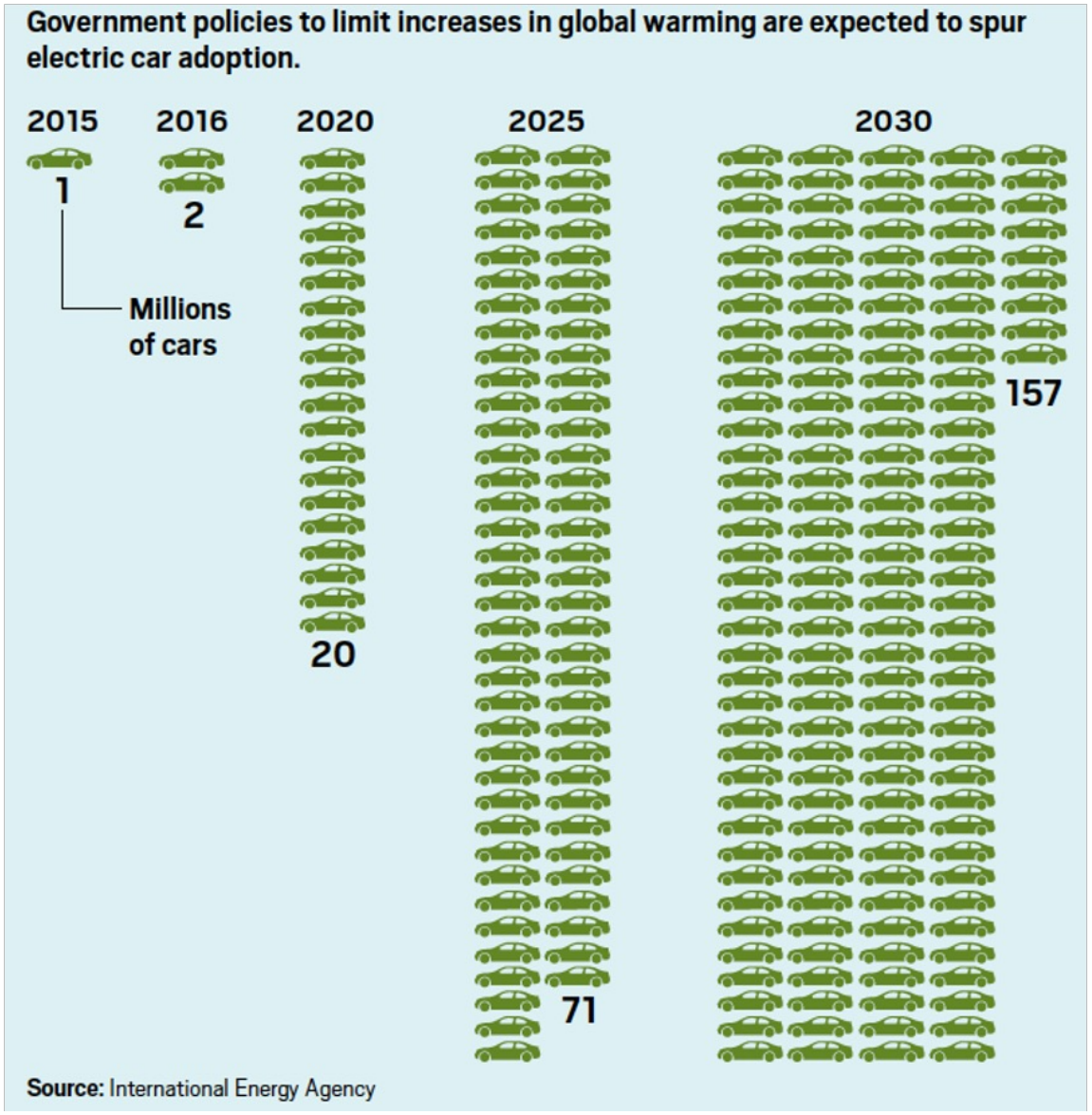
John B. Goodenough (sinistra), M. Stanley Whittingham (centro), Akira Yoshino (destra)

Motivazione della Reale Accademia Svedese per le Scienze:

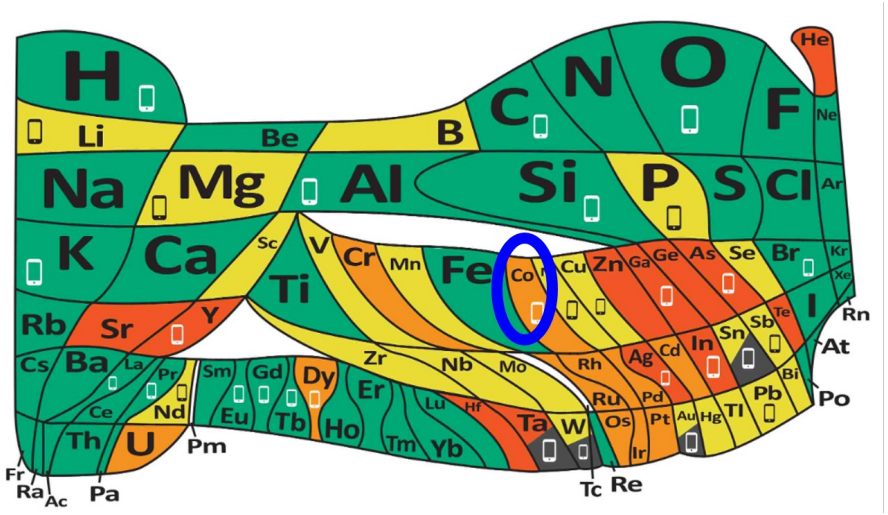
Con il loro lavoro, i vincitori hanno reso possibile un mondo ricaricabile e hanno creato le condizioni per una società senza fili. Questo tipo di batteria è leggera, ricaricabile e potente: può immagazzinare quantità importanti di energia eolica e solare, aprendo la strada a una società libera dai combustibili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

Produzione mondiale di litio nel 2024: ca. 200.000 t

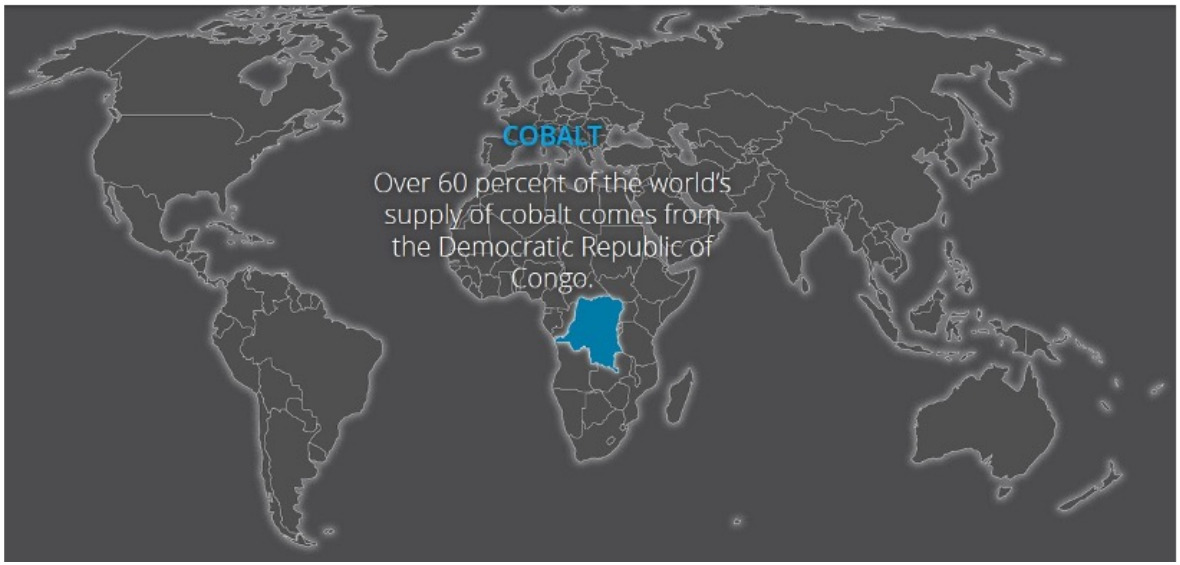
10 kg di litio per un'auto elettrica



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 di cobalto nel 2024: ca. 230.000 t

Utilizzi

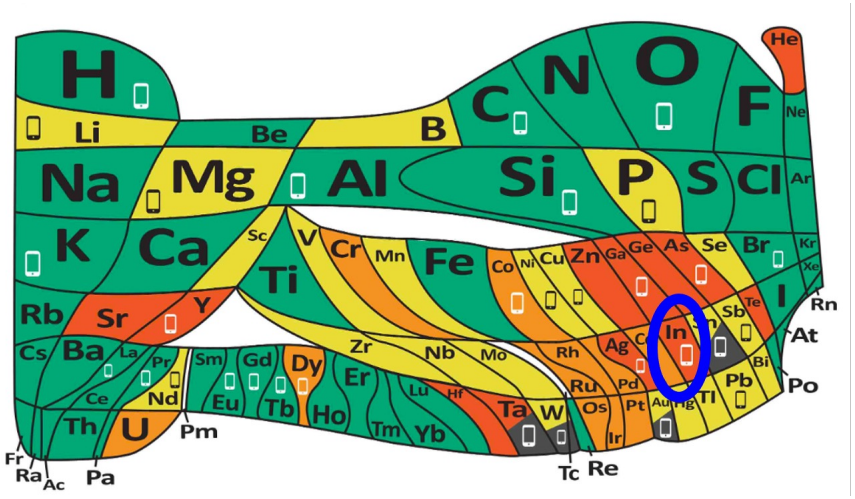
Fin dall'antichità i sali di cobalto sono stati usati come pigmenti

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

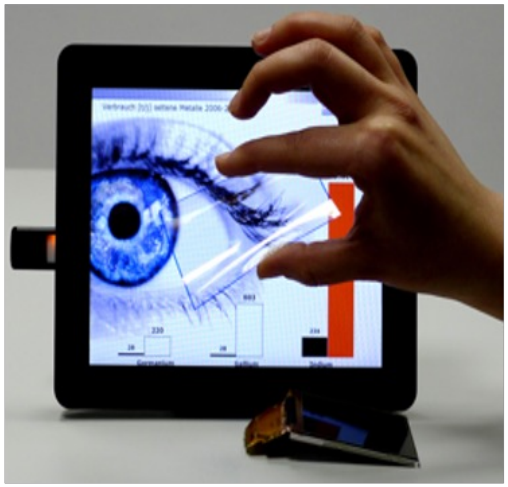
Principali produttori: Cina, Corea del Sud, Giappone

Riserve stimate: ignote

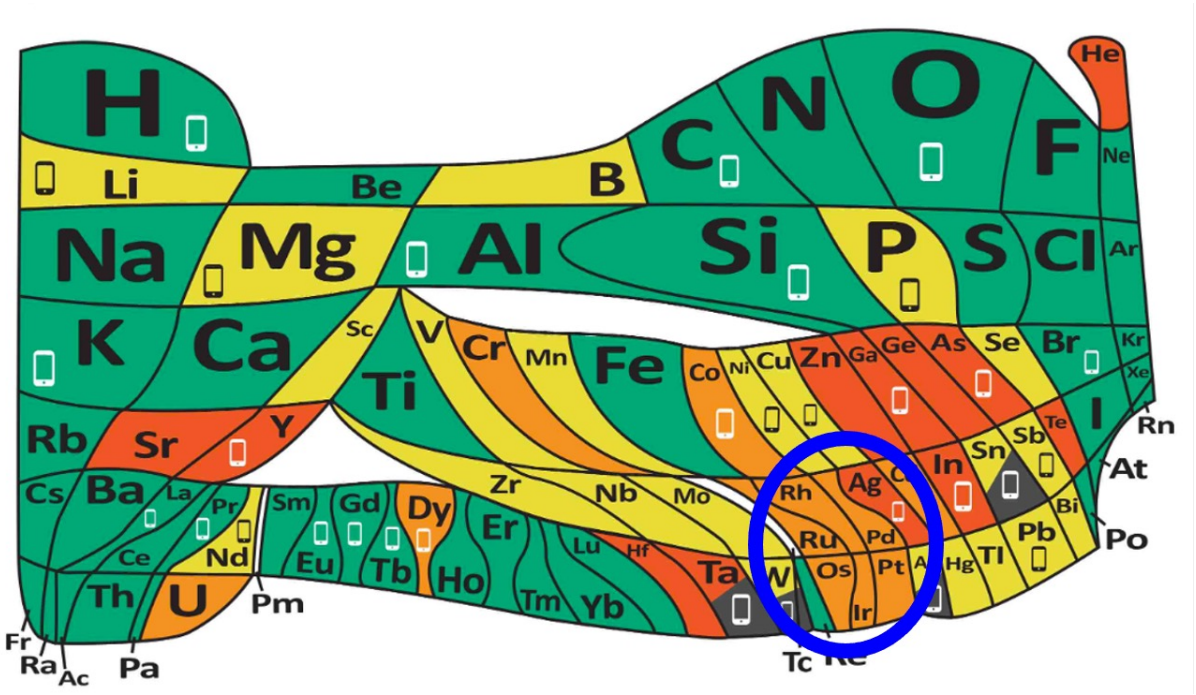
Utilizzi

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

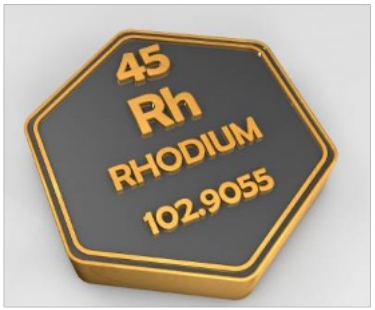


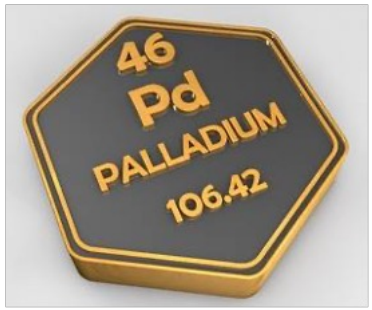
Metalli di transizione

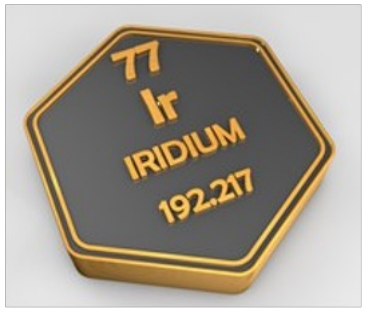


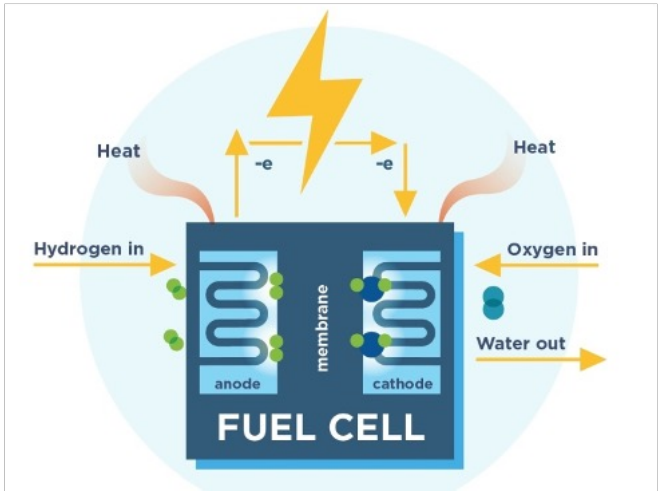
Alcuni metalli di transizione hanno proprietà uniche fra tutti i metalli: Pt è uno dei migliori conduttori elettrici, Ir è il metallo più resistente alla corrosione, Os è il metallo più denso, Au è il metallo più duttile e malleabile, Ag è il migliore conduttore di calore

Proprietà catalitiche speciali

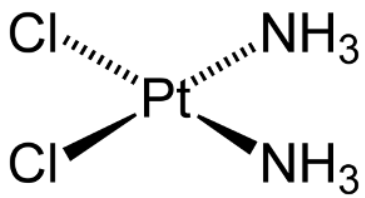






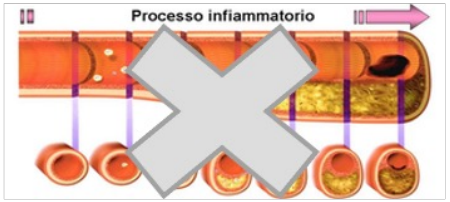


Ambito medico



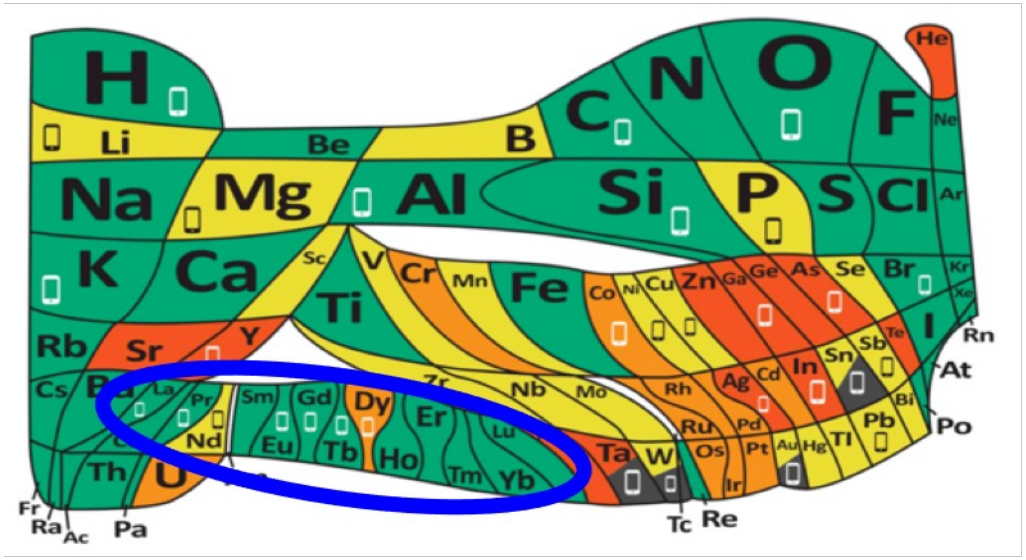
Cis-platino: chemioterapico

Ag colloidale: antibatterico



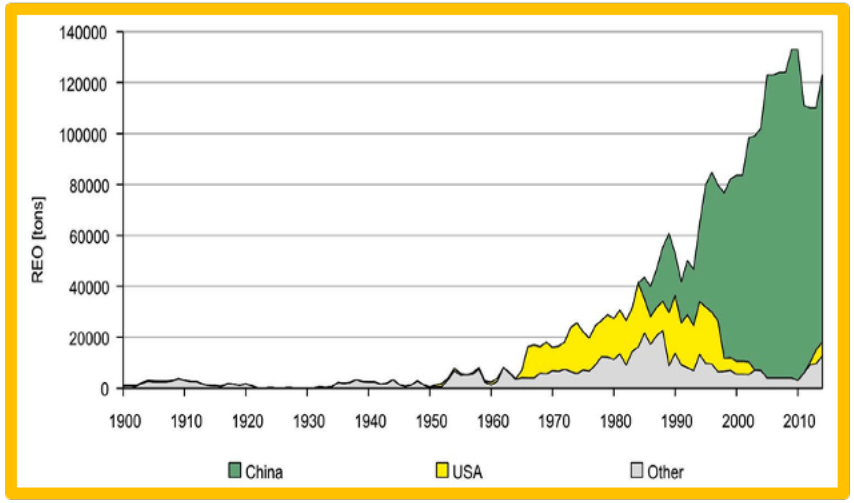
Au colloidale: antinfiammatorio

Elementi delle Terre Rare

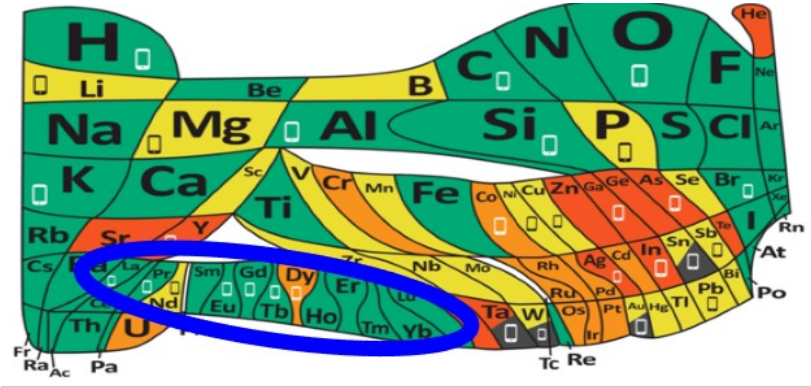


Cina: maggior produttore mondiale di Terre Rare (circa il 90%)

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/

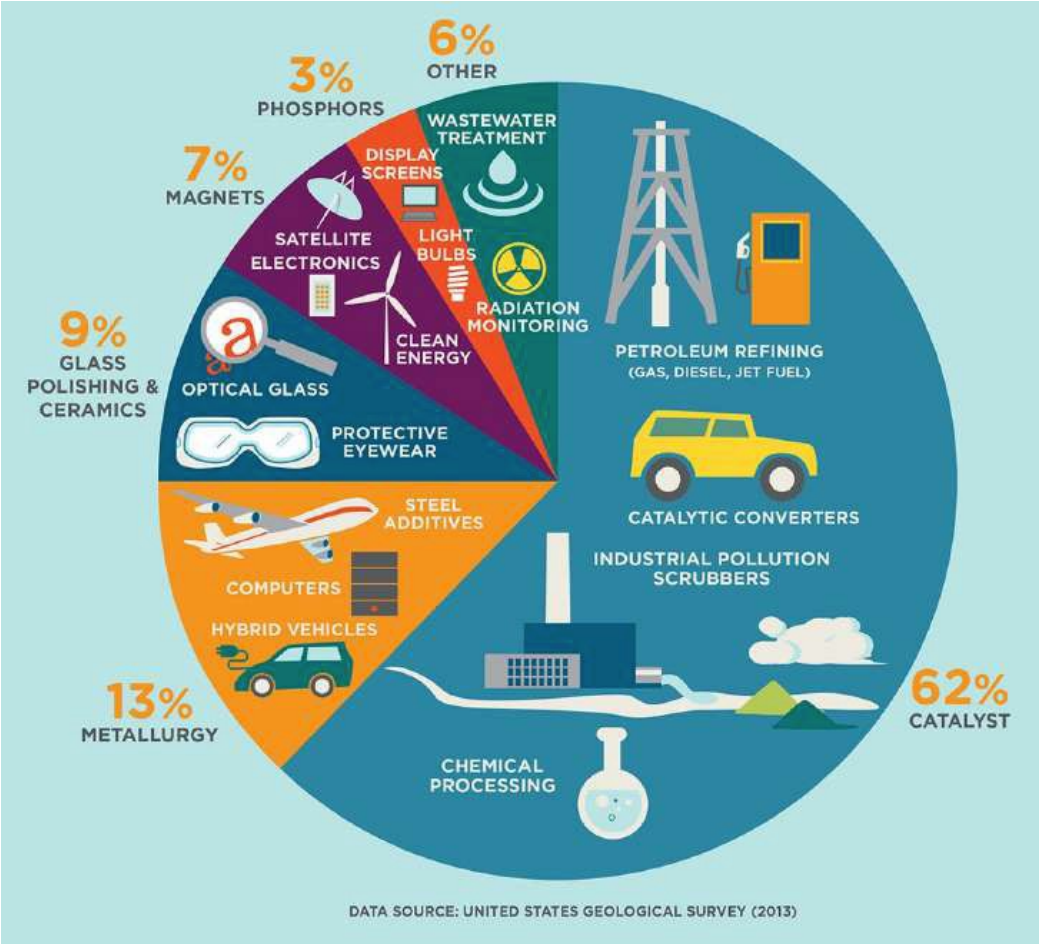


Elementi delle Terre Rare

Monumento alle Terre Rare nel campo eolico di Damao

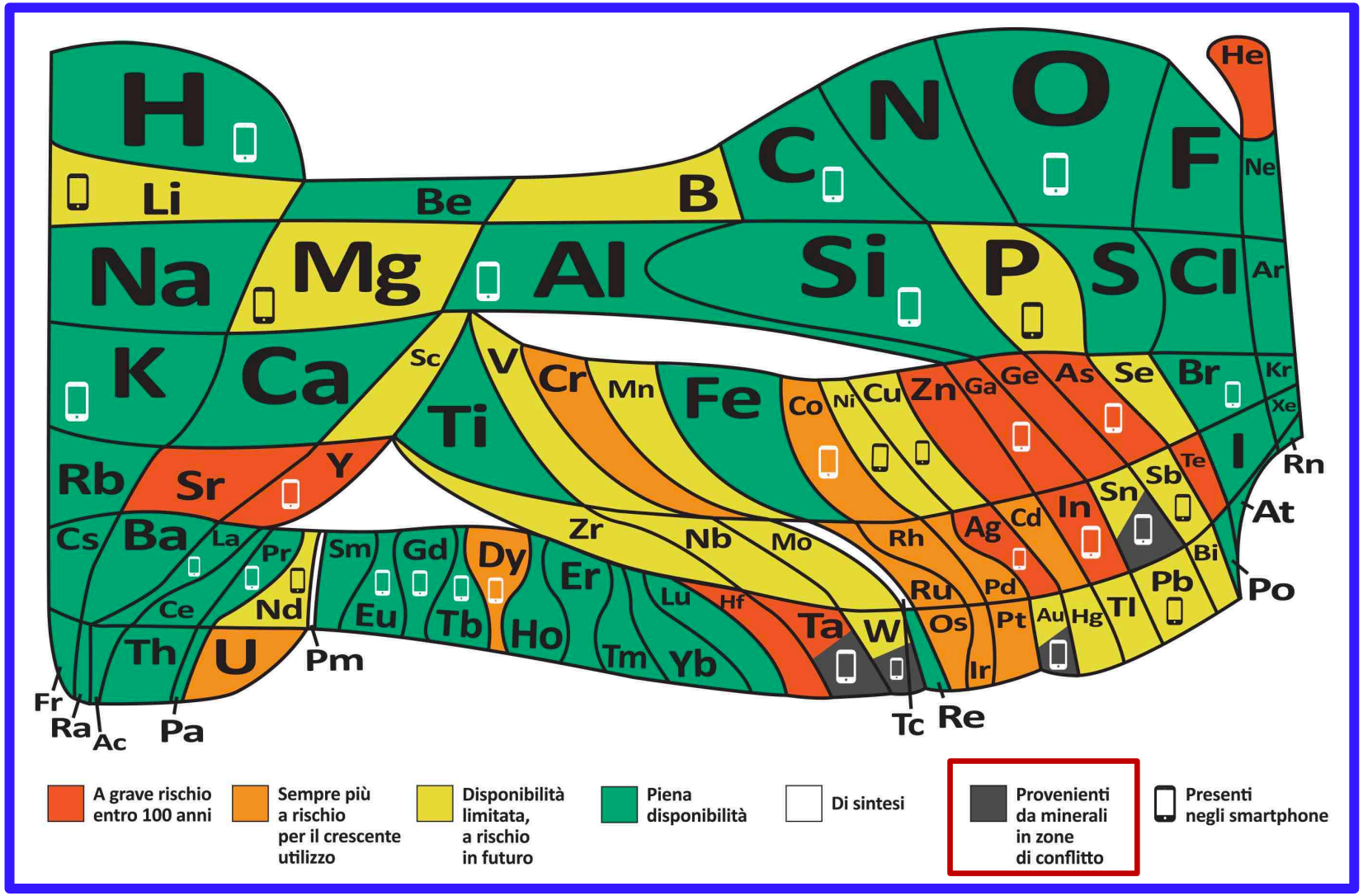
Proprietà ottiche, magnetiche, catalitiche e luminescenti speciali per la presenza di elettroni "spaiati"

Usi industriali



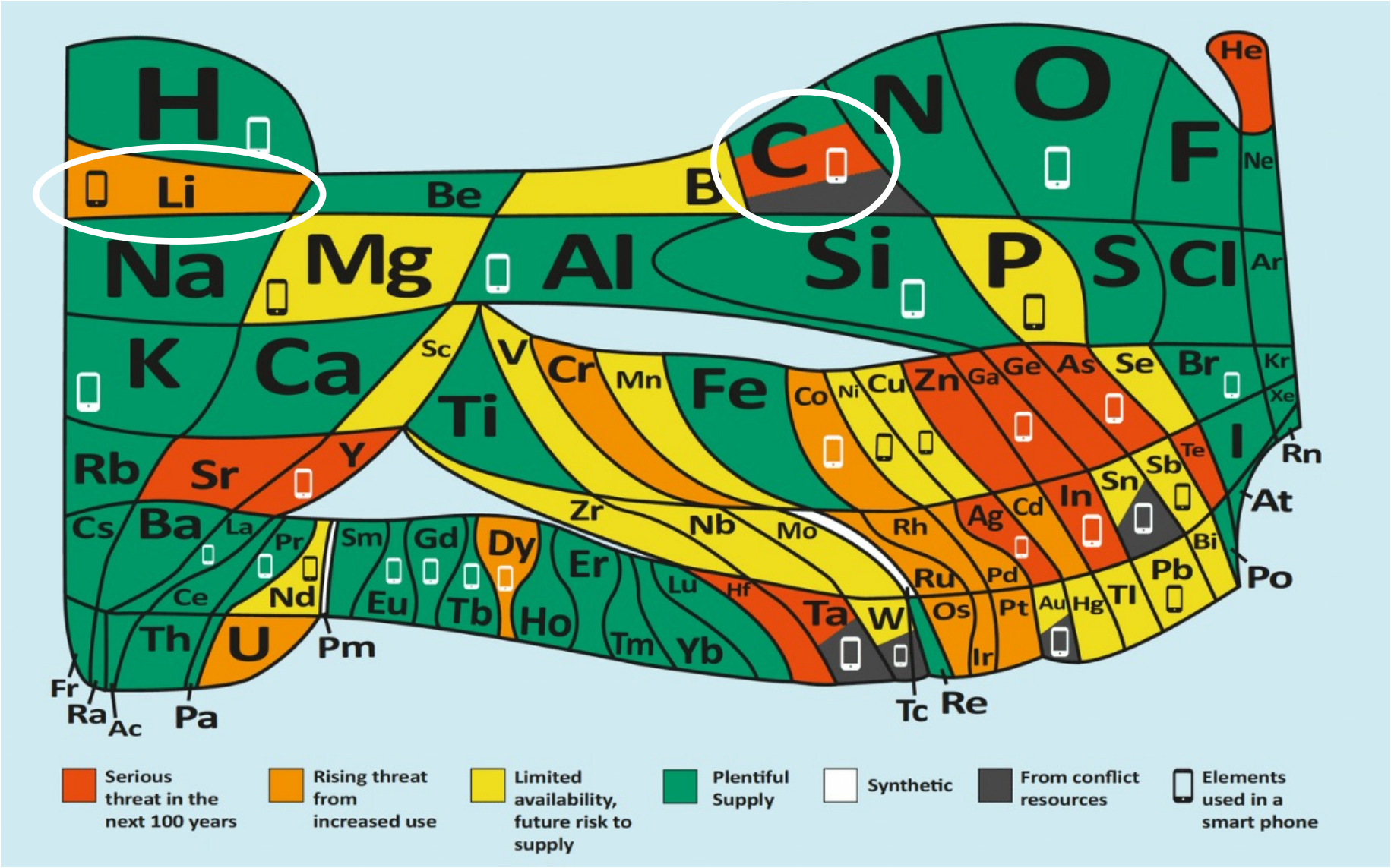
Smartphone

Una questione di coscienza



Oro, stagno, tungsteno e tantalio (coltan) 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

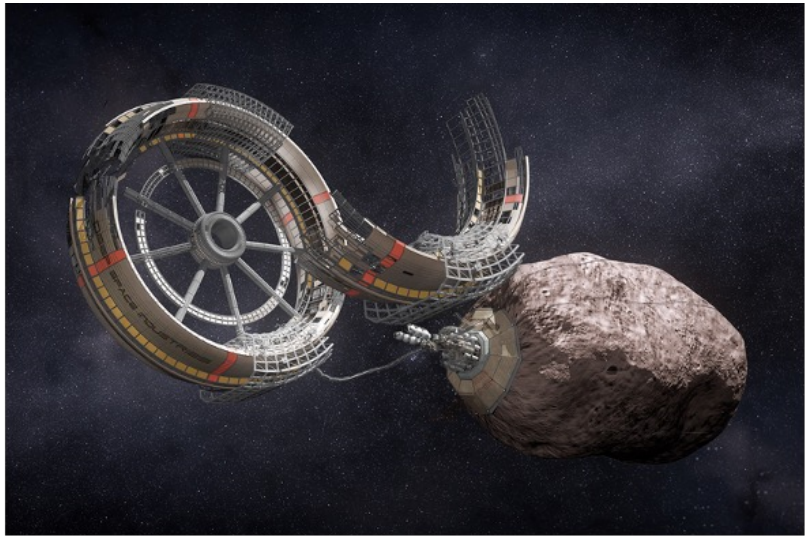


Nuova versione pubblicata da EuChemS nel 2023

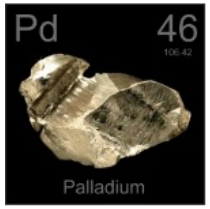
Anche l'attuale sviluppo tecnologico deve far i conti con la Tavola Periodica

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

Asteroidi come miniere?

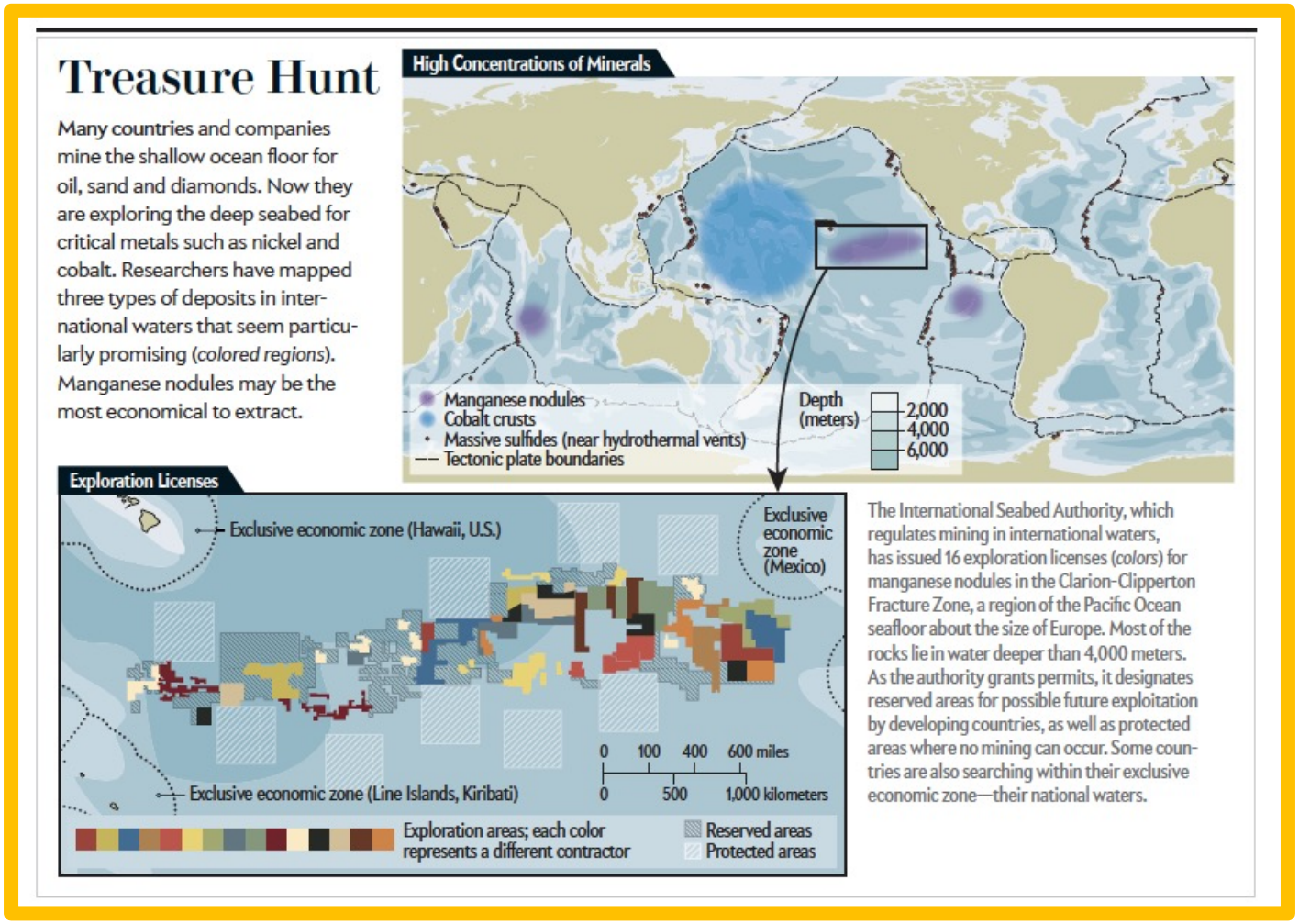


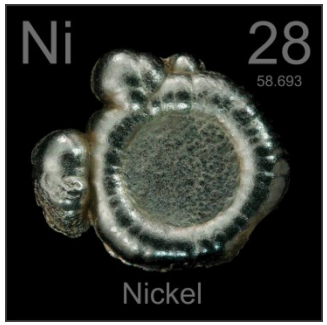
Concentrazione (ppb)

	Terra	asteroidi
	5	1400
	1	760
	15	870
	4	215

Non è una soluzione realistica!

Mare profondo come miniera?



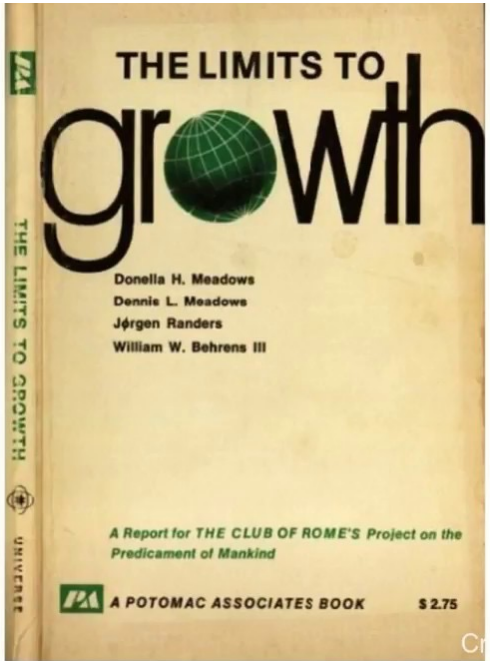


Un'opzione futuribile (?), ma con un pesante impatto ambientale

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

Uno sviluppo in grado di assicurare le nostre necessità senza compromettere quelle delle generazioni future

Nel lontano 1972 …



STOCKHOLM CONFERENCE , 1972

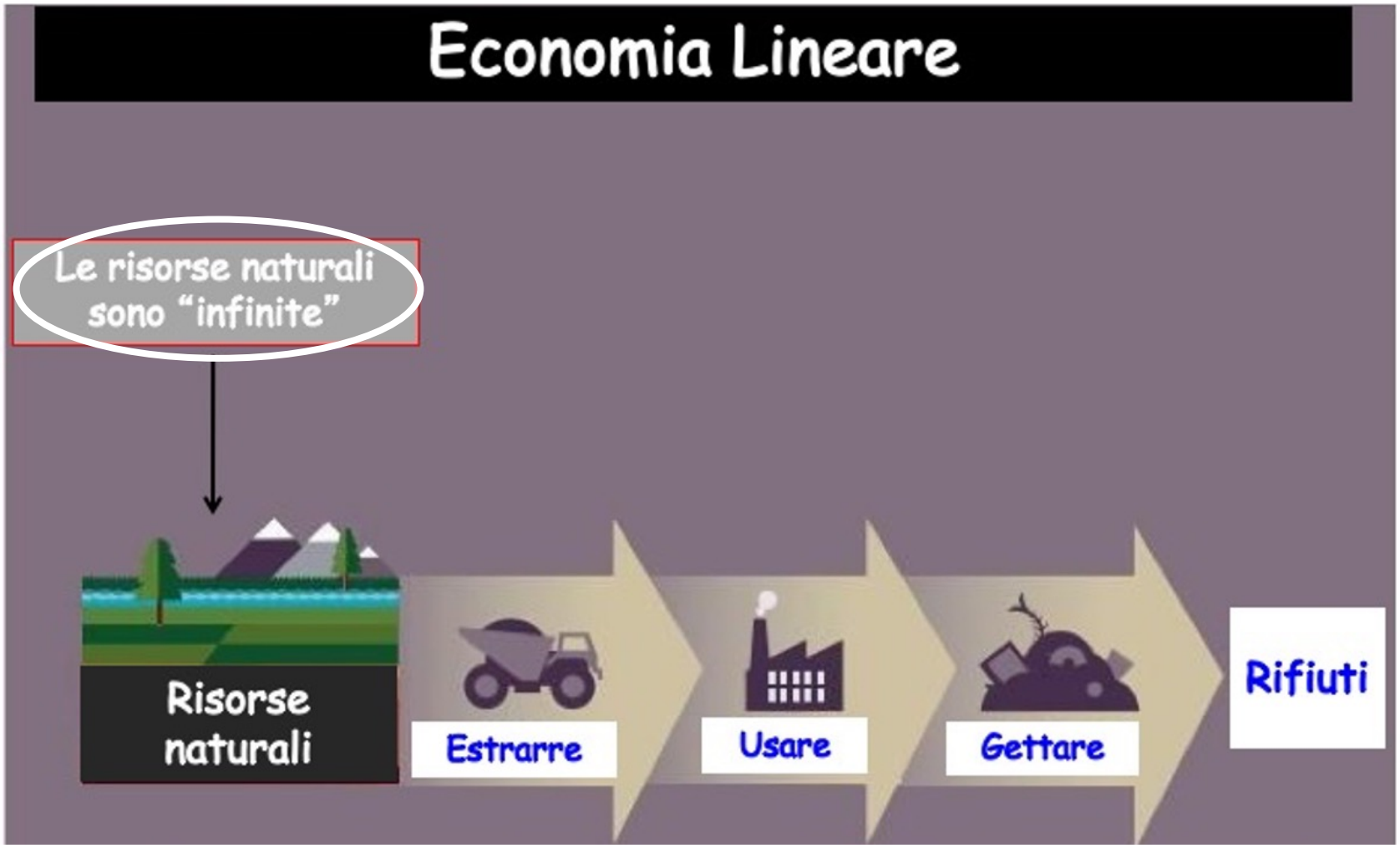
United Nations Conference on the Human Environment

2.200 scienziati firmarono il Messaggio di Mentone in cui per la prima volta compare il termine sostenibilità

Per affrontare il problema della limitata disponibilità dei materiali nell'ottica dello sviluppo sostenibile

La strada è obbligata

Abbandonare l'attuale economia



e passare ....

Economia circolare

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

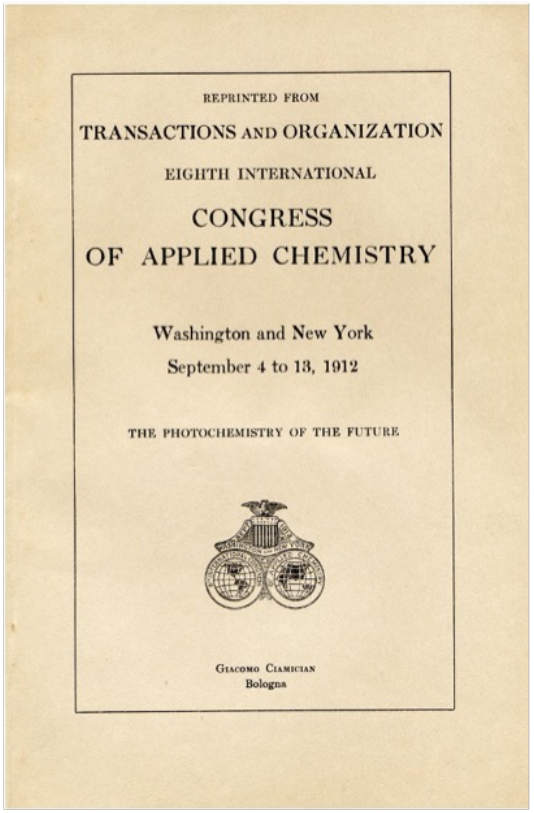
Energia dal mare e dagli oceani

Giacomo Ciamician (1857 – 1922)

Ciamician profeta dell'energia solare

In una celebre conferenza "La Fotochimica dell'Avvenire", tenuta a New York nel 1912 durante l'VIII International Congress of Applied Chemistry, Ciamician dice:

"E se alla civiltà del carbone, nera e nervosa dell'epoca nostra, dovesse far seguito quella forse più tranquilla dell'energia solare, non ne verrebbe un gran male per il progresso e la felicità umana … la vita e la civiltà dureranno finché splende il Sole!"



REPRINTED FROM

TRANSACTIONS AND ORGANIZATION

EIGHTH INTERNATIONAL

CONGRESS

OF APPLIED CHEMISTRY

Washington and New York

September 4 to 13, 1912

THE PHOTOCHEMISTRY OF THE FUTURE

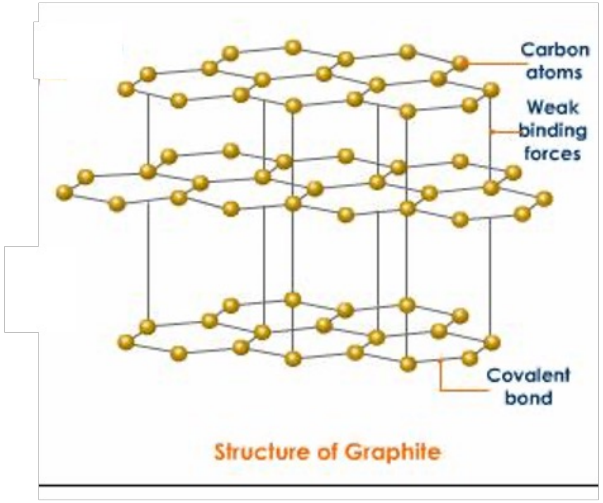
GIACOMO CIAMICIAN

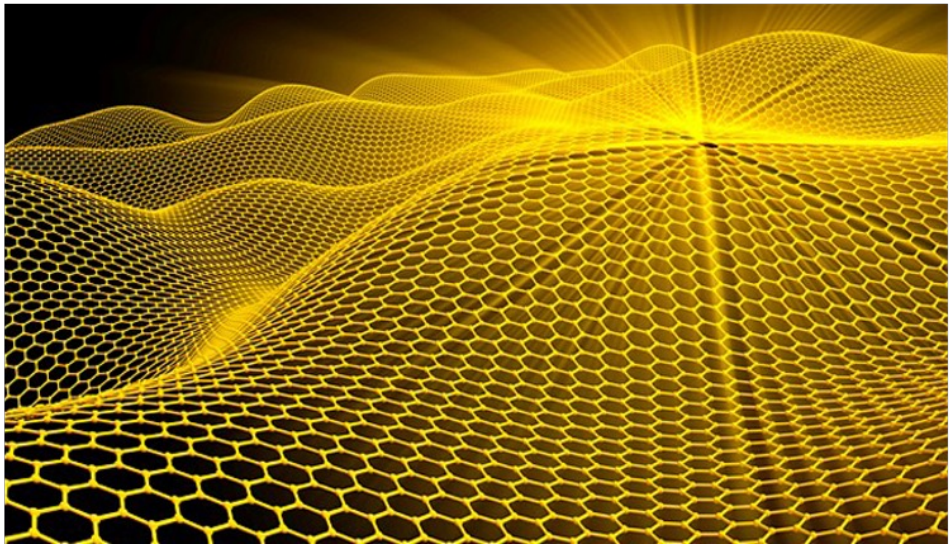
Bologna

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





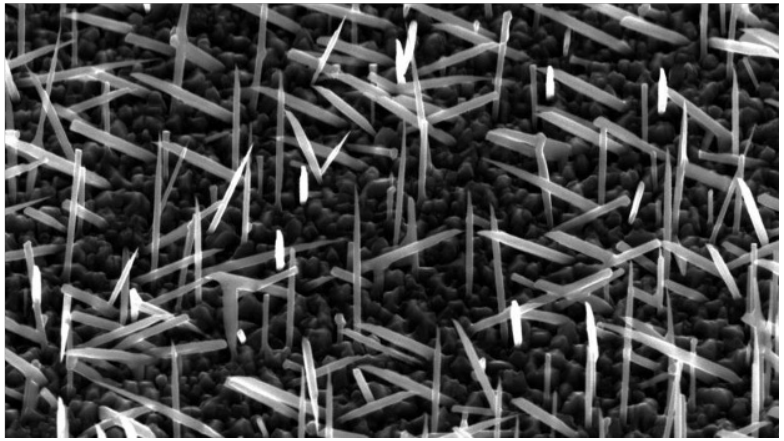
Sostituire

Sostituire elementi scarsi con elementi più abbondanti

Sostituire l'ITO che contiene l'indio un elemento scarso e difficile da estrarre

Alternative in fase di studio:

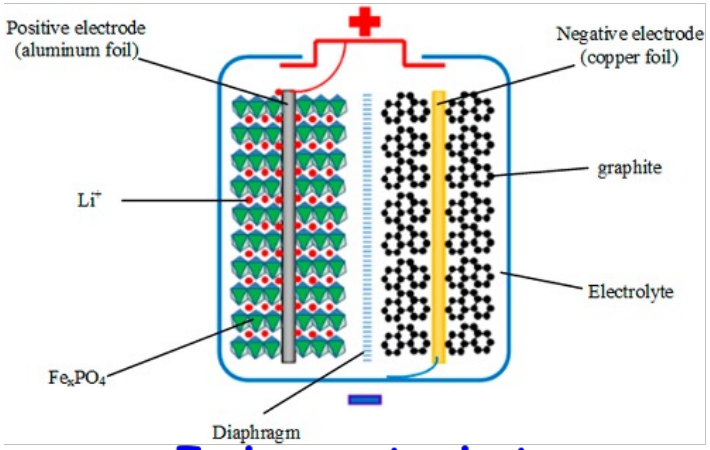
- OLED al grafene
- un film ibrido di nanofili di Ag e grafene



Sostituire

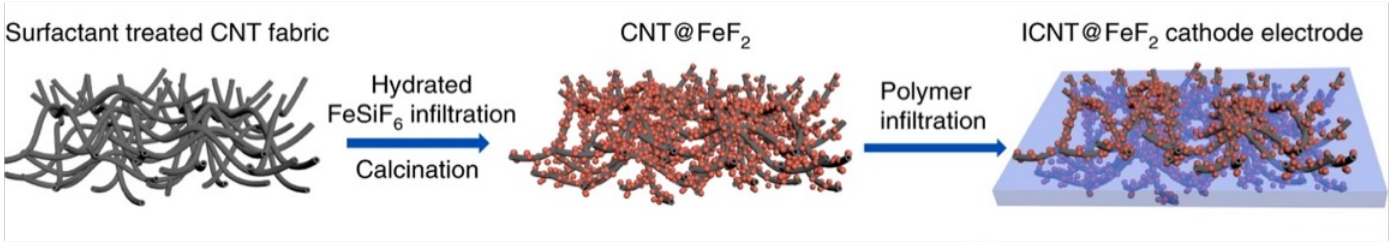
Sostituire elementi scarsi con elementi più abbondanti

Realizzare catodi delle batterie agli ioni litio eliminando cobalto e nichel



La batteria al litio-ferro-fosfato ($LiFePO_4$), chiamata anche LFP, è una batteria agli ioni litio il cui catodo non contiene cobalto e nichel

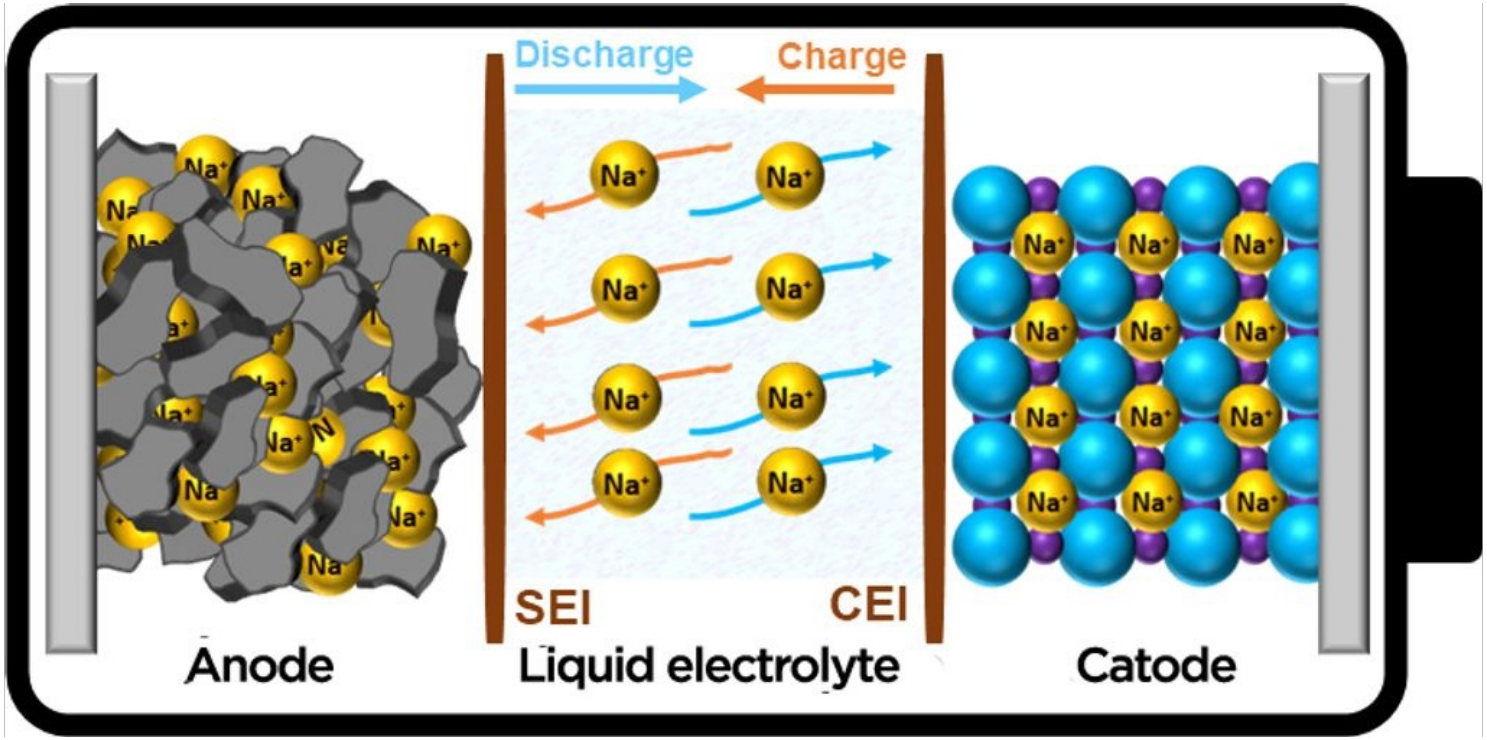
I ricercatori stanno esplorando la possibilità di usare, come catodo per le batterie agli ioni litio, fluoruri di ferro che avrebbero una capacità elettrica doppia e sarebbero fino a 300 volte più economici



Sostituire

Sostituire elementi scarsi con elementi più abbondanti

Costruire batterie a ioni Na^+ invece che a Li^+



Il sodio ha però una capacità elettrica minore di quella del litio

Sostituire

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

Principles of Green Chemistry.

L'estrazione dei minerali e la lavorazione dei metalli hanno molte criticità: uso di sostanze pericolose (cianuri, mercurio e/o miscele di acidi forti); sviluppo di gas tossici e inquinanti; contatto con sostanze radioattive

Sostituire

non sempre è possibile per altri problemi

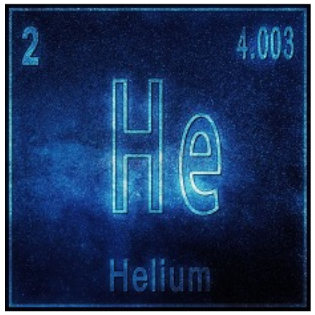
La sostituzione del rame con l'alluminio, più abbondante e ugualmente buon conduttore di elettricità, ad oggi comporta un costo energetico troppo alto

	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

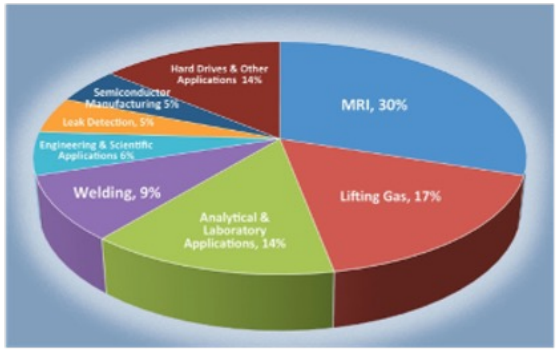
Sostituire

non sempre è possibile per altri problemi

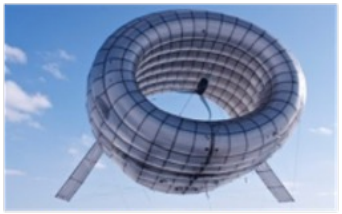
Non ci sono (ancora?) sostituti



Liquido di raffreddamento per NMR



Utilizzi



Gas di riempimento per areostati e palloni sonda

Gas protettivo per la saldatura ad arco

Gas nelle miscele per immersioni profonde

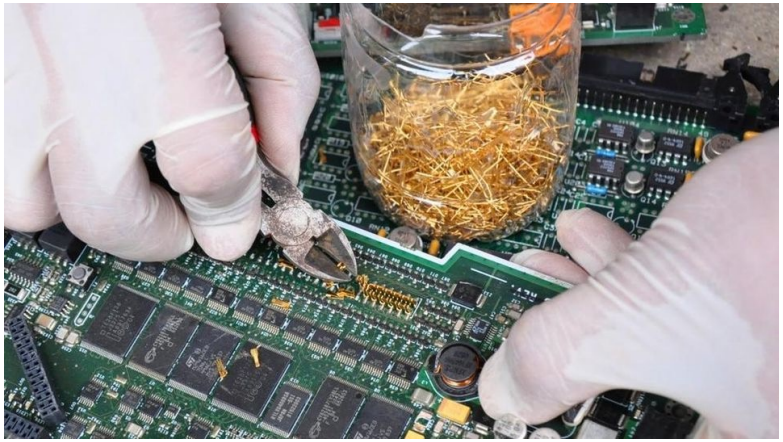
Il collo di bottiglia: limitata disponibilità dei materiali

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 se ne producono 62.000.000 tonnellate (Europa in testa con 17,4 kg pro capite)

Sono una risorsa di metalli importanti



Da un solo smartphone si possono recuperare:

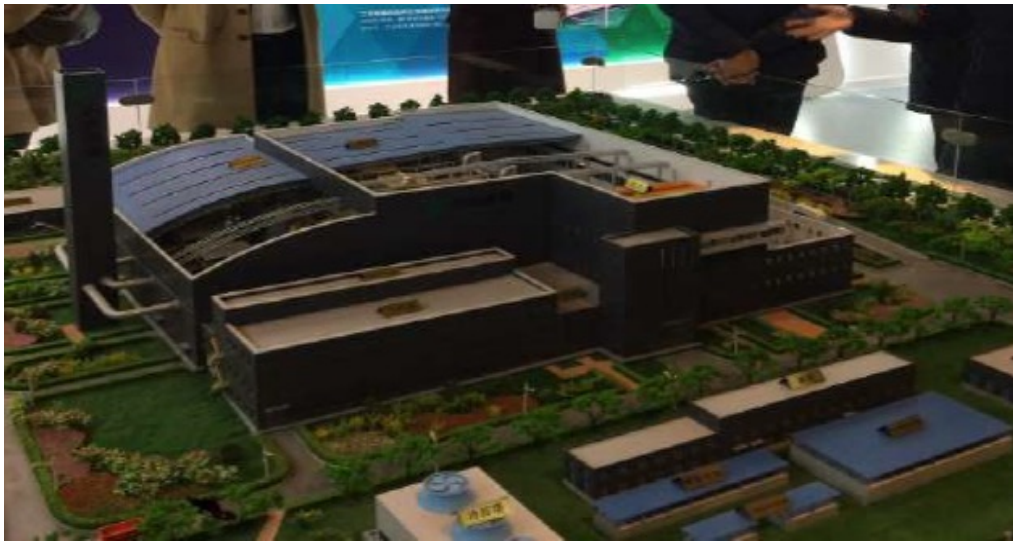
- ✓ 0,034 g di oro
- ✓ 0,30 g di argento
- ✓ 15 g di rame
- ✓ 1 g di terre rare

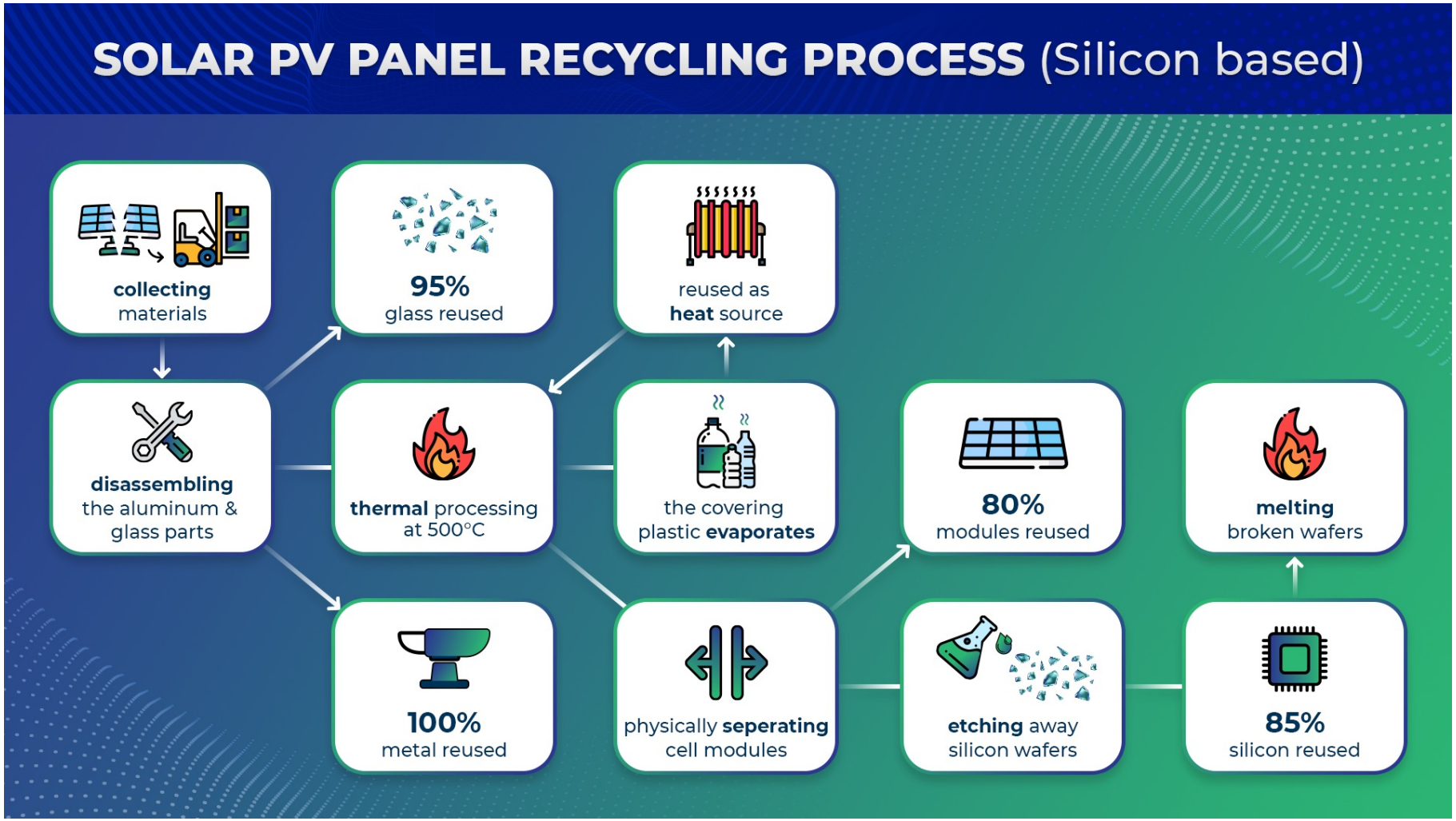
Bisognerà in futuro riciclare anche il litio delle batterie

Le Olimpiadi di Tokyo 2020/2021

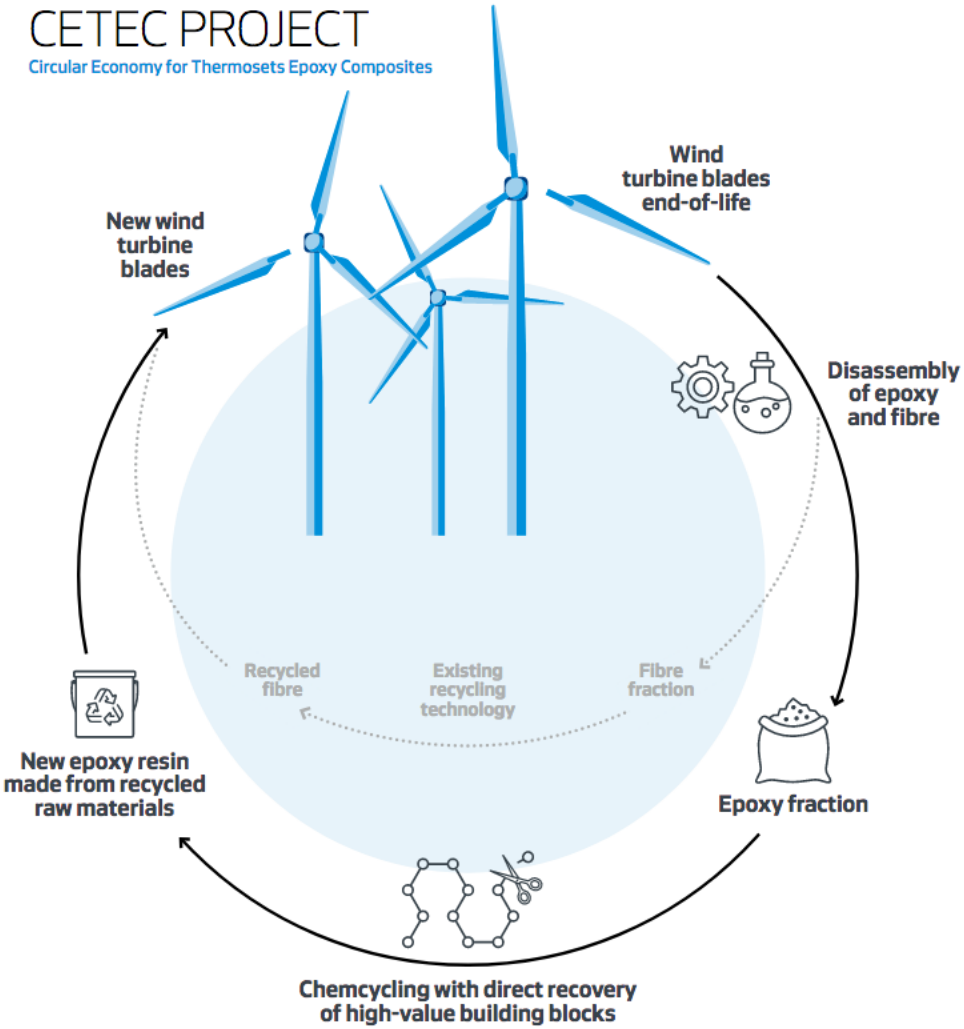
Le 5.000 medaglie assegnate agli atleti sono state ottenute riciclando 6.000.000 di smartphone ed altri rifiuti elettronici

In Cina è una realtà il recupero di molti elementi riciclando i rifiuti elettronici





Riciclo dei pannelli fotovoltaici



Riciclo delle turbine eoliche (85-90%)

Riutilizzo delle pale eoliche

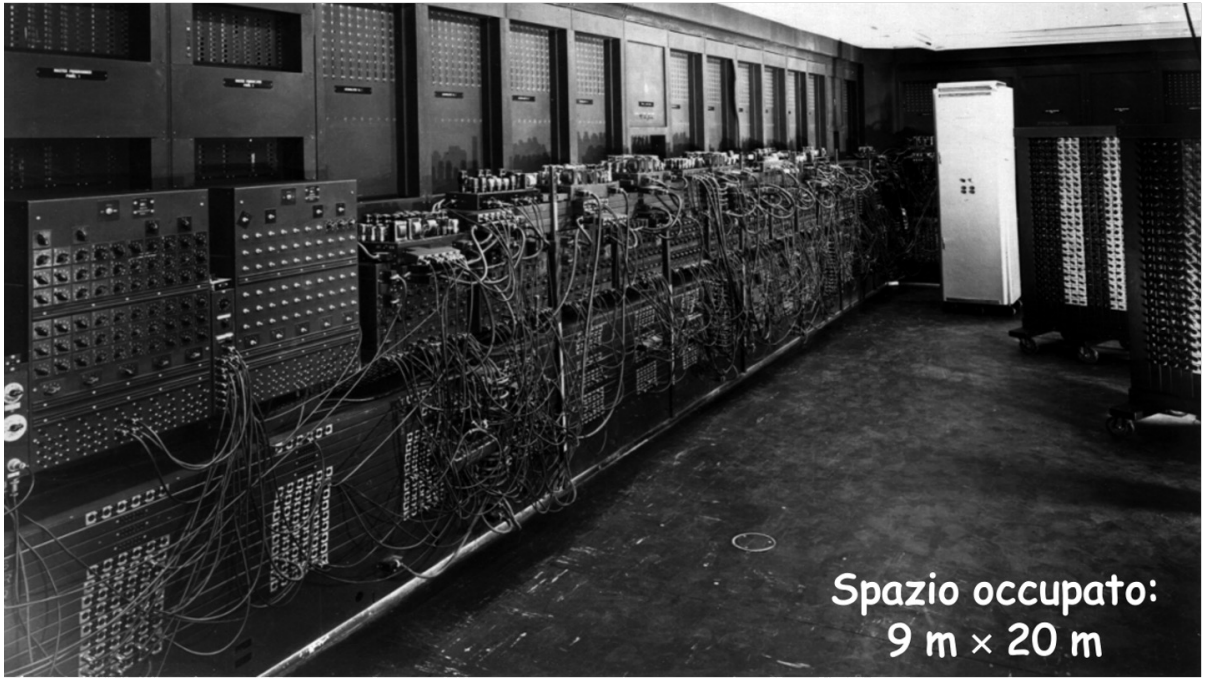
Progettare a moduli

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

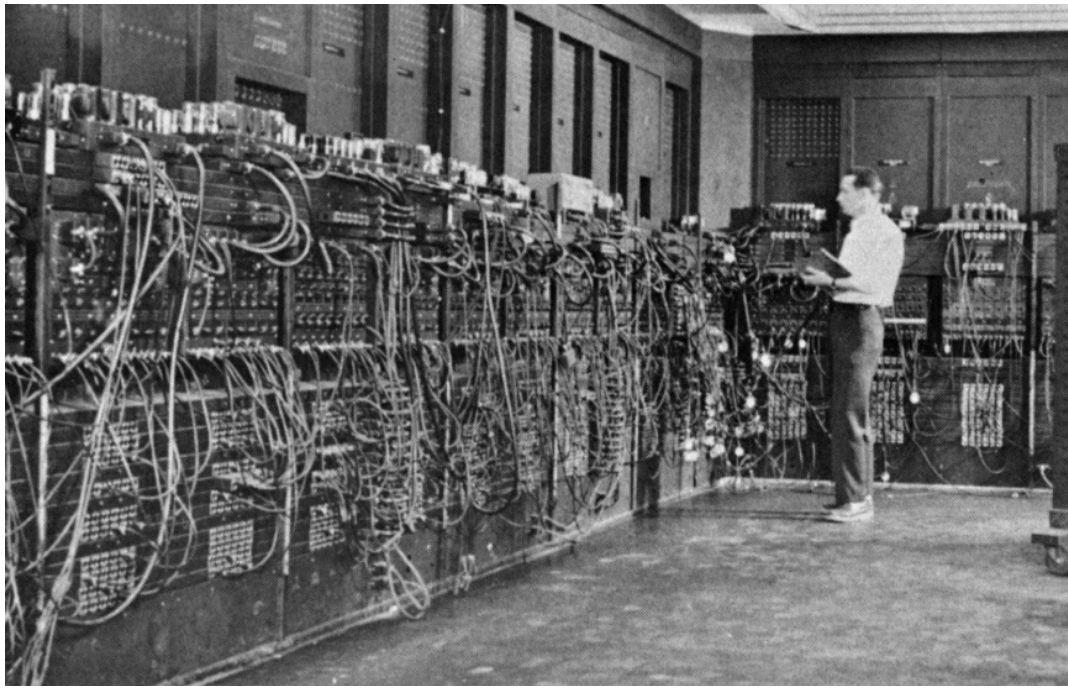


ENIAC (1946): il primo computer elettronico

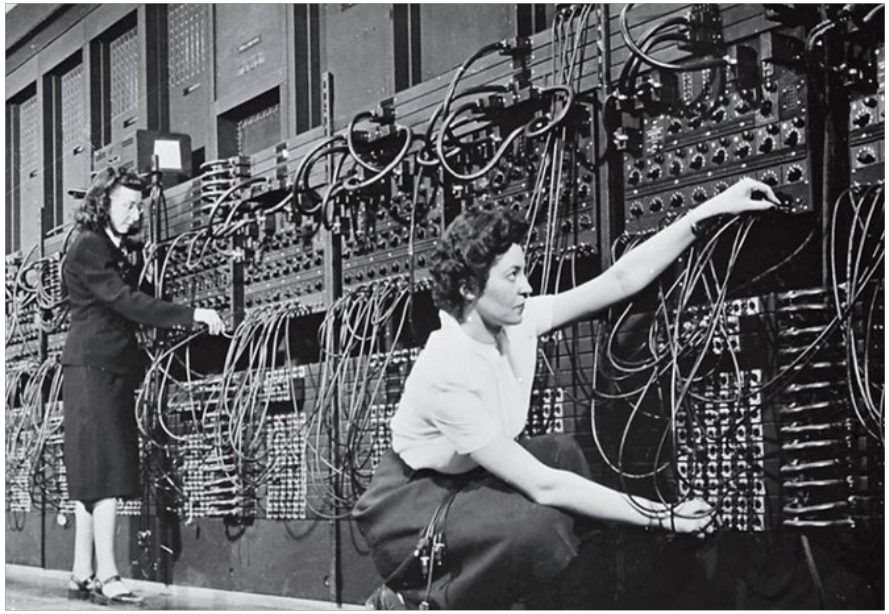
Peso: ≈ 30 t

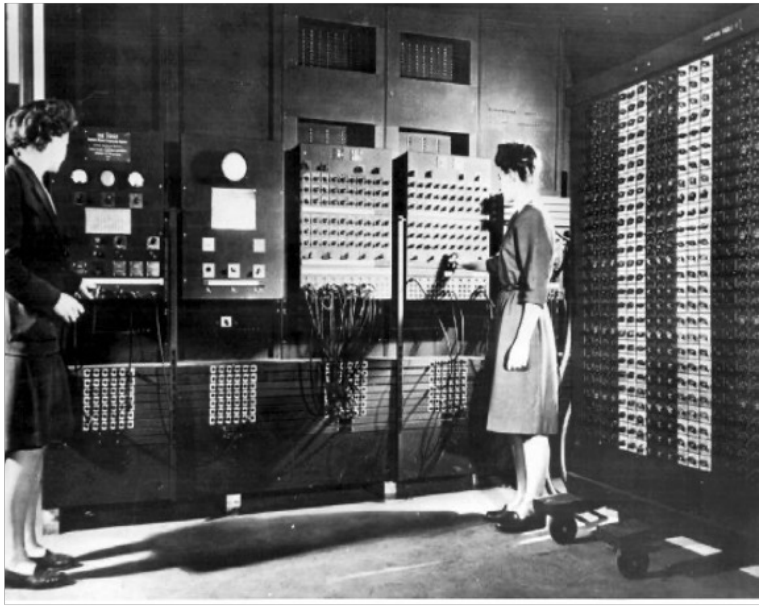
Elementi: 19.000 valvole

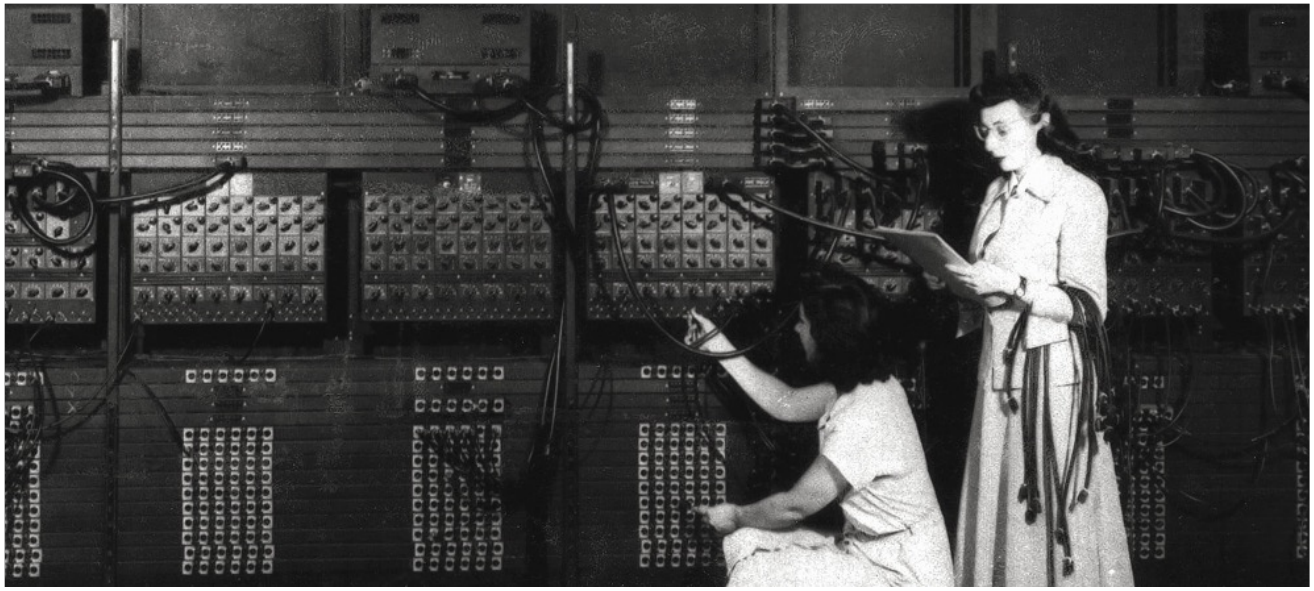
Consumo: 200.000 W



The ENIAC girls





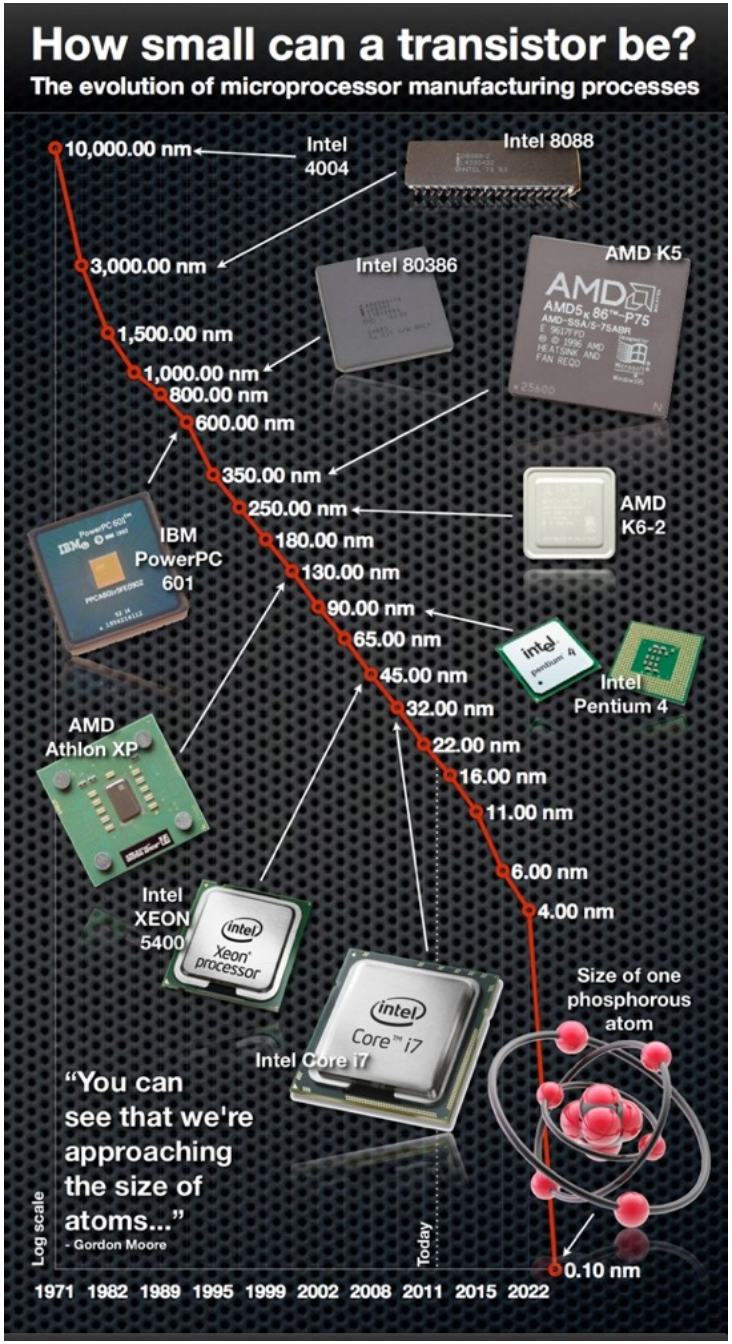


Attuali computer elettronici

Peso: 1,5 kg
Consumo: 30 W

Elementi: transistor
(dimensione media = 14 nm)

Insieme di miliardi di transistor

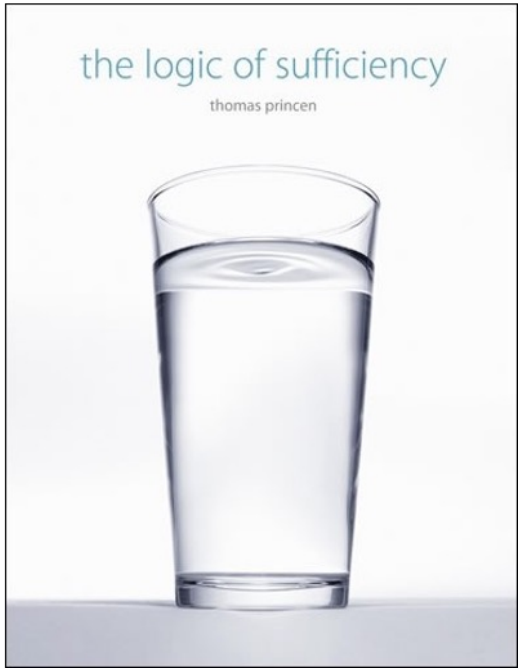


C'è veramente risparmio di atomi?

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

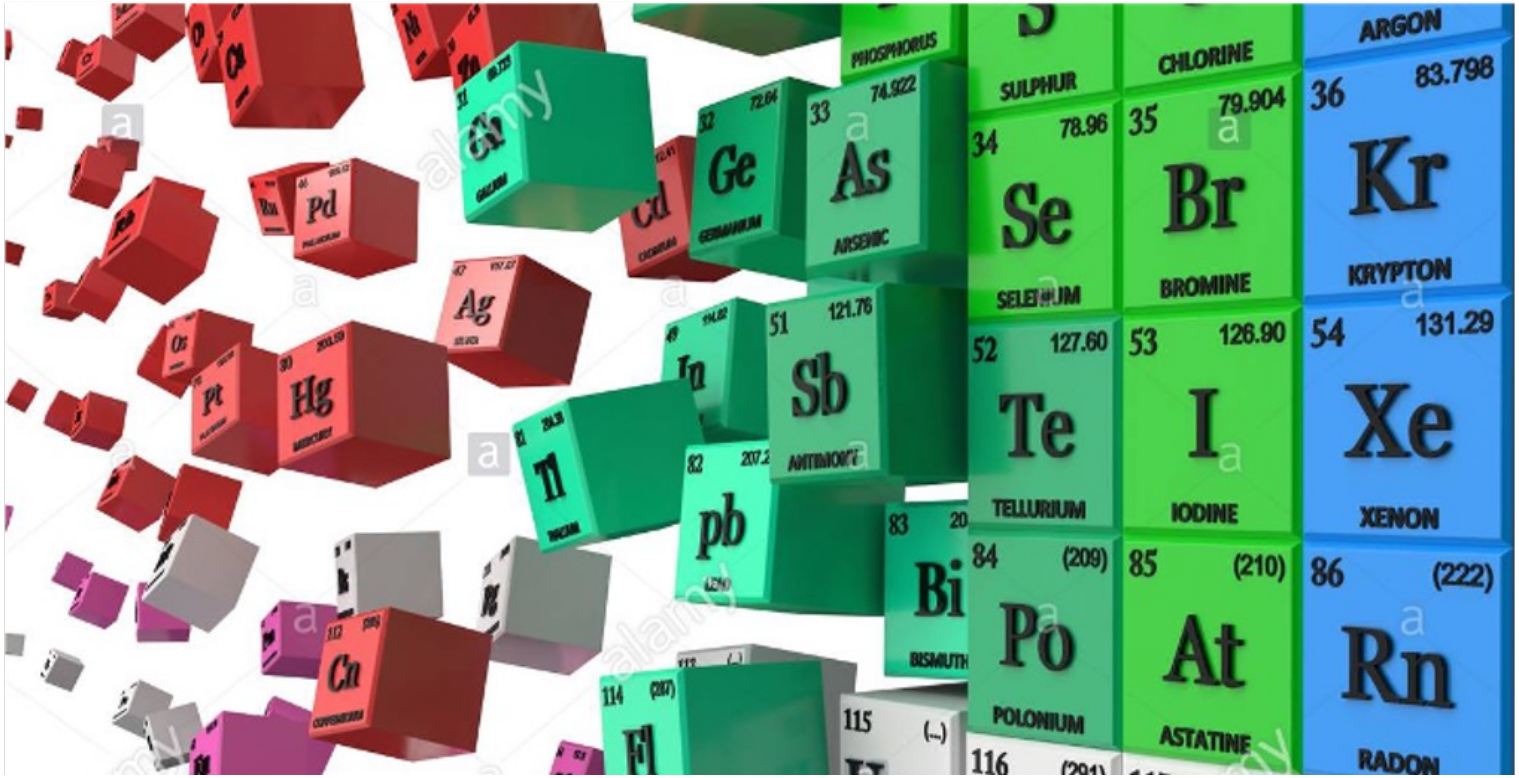
Fare con meno

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



Risparmio e sobrietà devono diventare i punti cardine del nostro comportamento

Per non "sparecchiare" la Tavola Periodica



Il nostro pianeta è distruttibile, ma non è dominabile

Papa Francesco

Dio perdona sempre, l'uomo perdona a volte, la Terra non perdona mai