

# La scienza di materiali

Il legame tra le tecnologie di materiali  
e le civiltà del passato e del presente

Grzegorz Karwasz

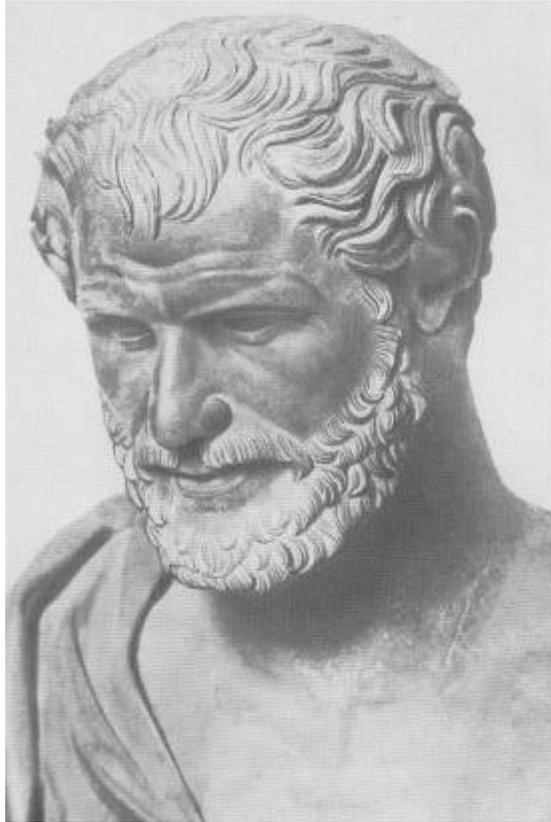
*Insegnare STEAM in chiave interdisciplinare*  
*Lezione 6*



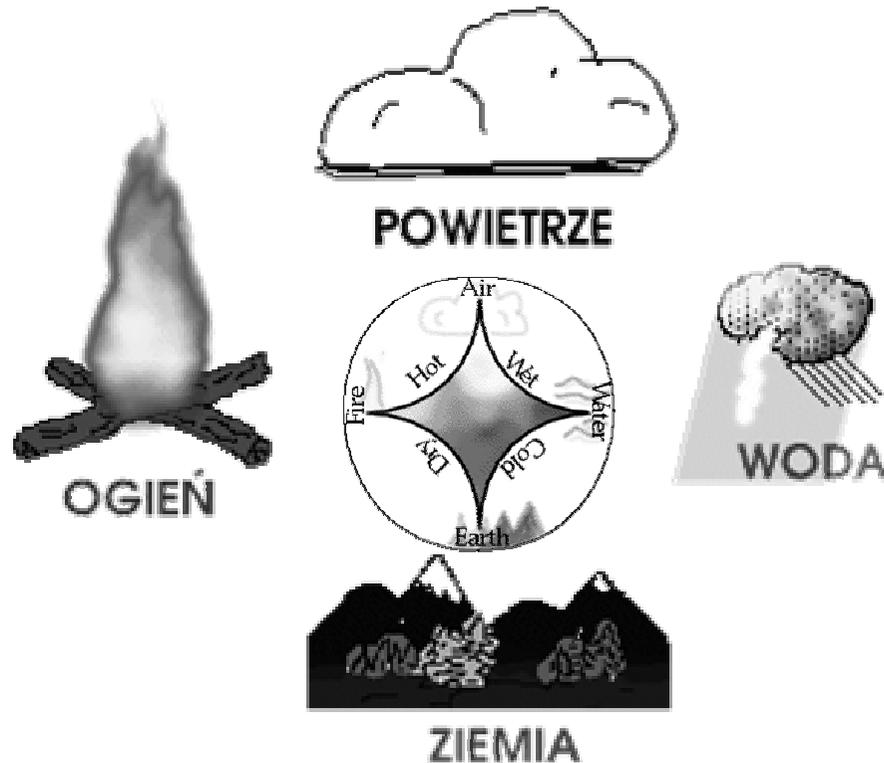
Di che cosa  
e' fatto il mondo?

Quattro „elementi”  
(o meglio: quattro  
stati di materia)

# Gia' i Greci antichi...



- ... si domandavano,  
- di che cosa e' fatto l'universo  
- e che cosa lo tiene insieme?



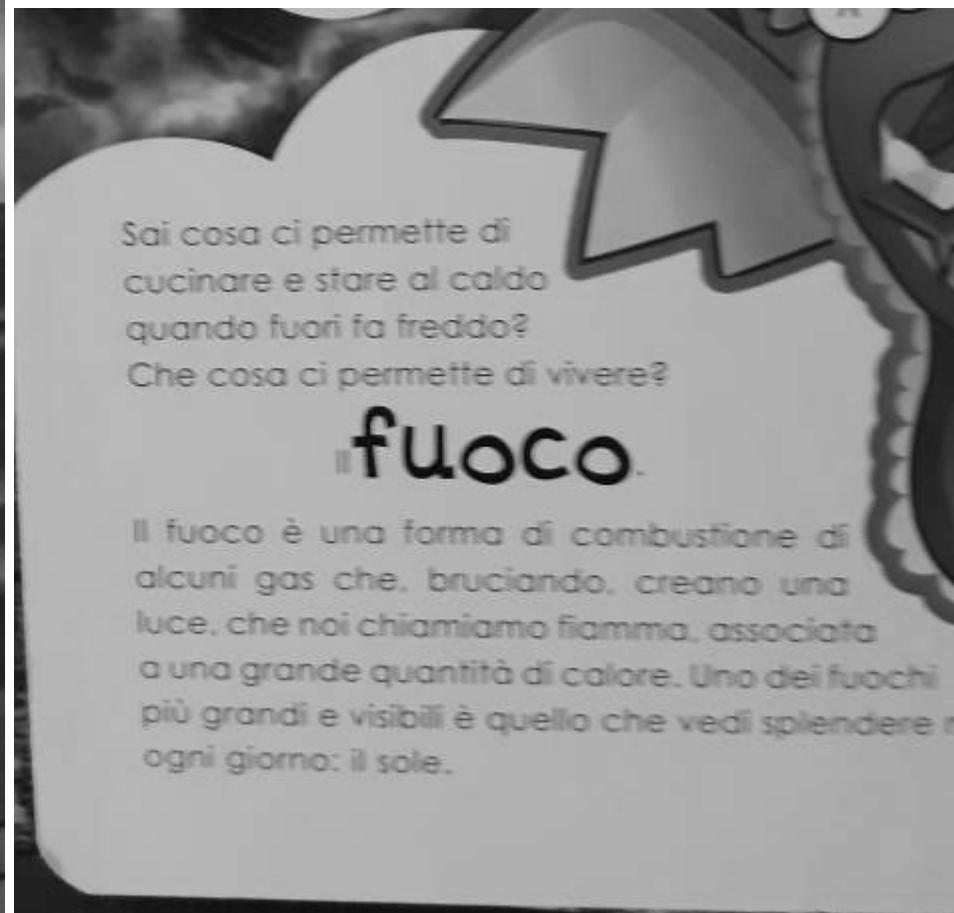
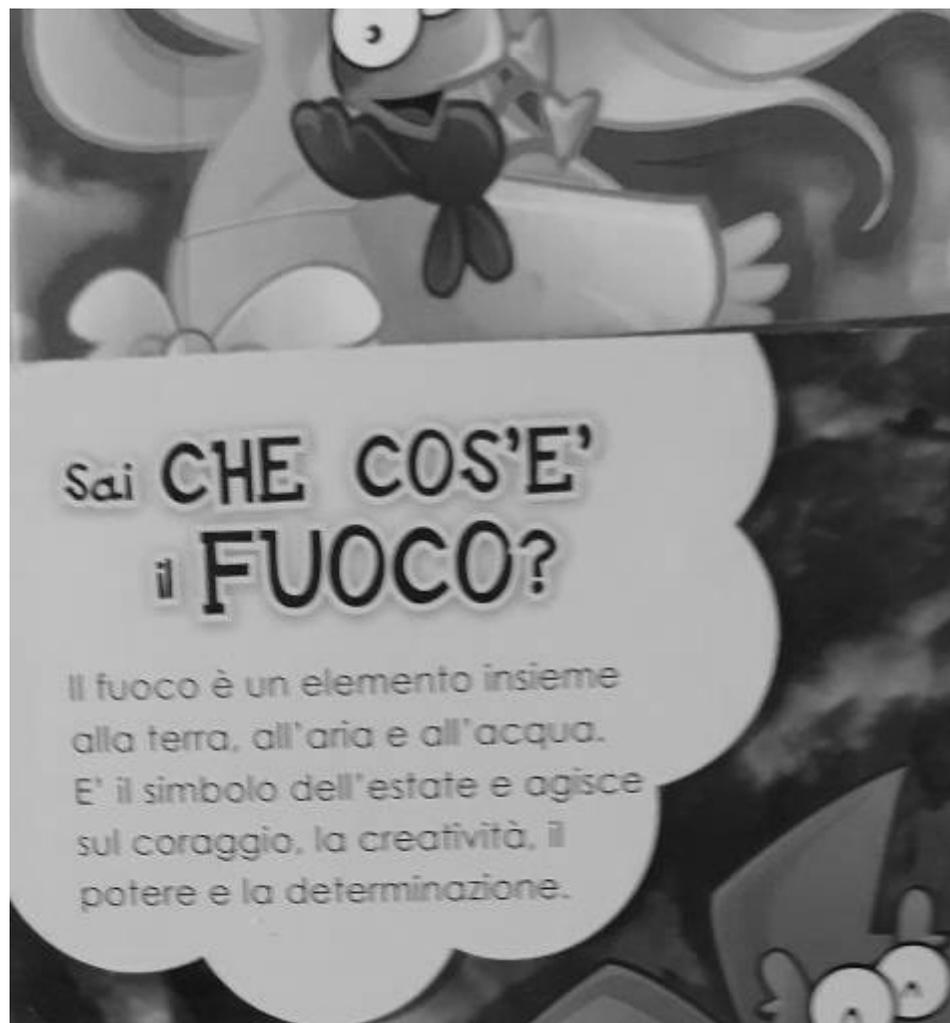
(Platone ↔ Democrito)

- **Divisibile?**
- **Indivisibile?**

Quattro „elementi”

<http://www.ifj.edu.pl/edukacja/things.html>

# La narrazione deve essere semplice



# La narrazione deve essere utile

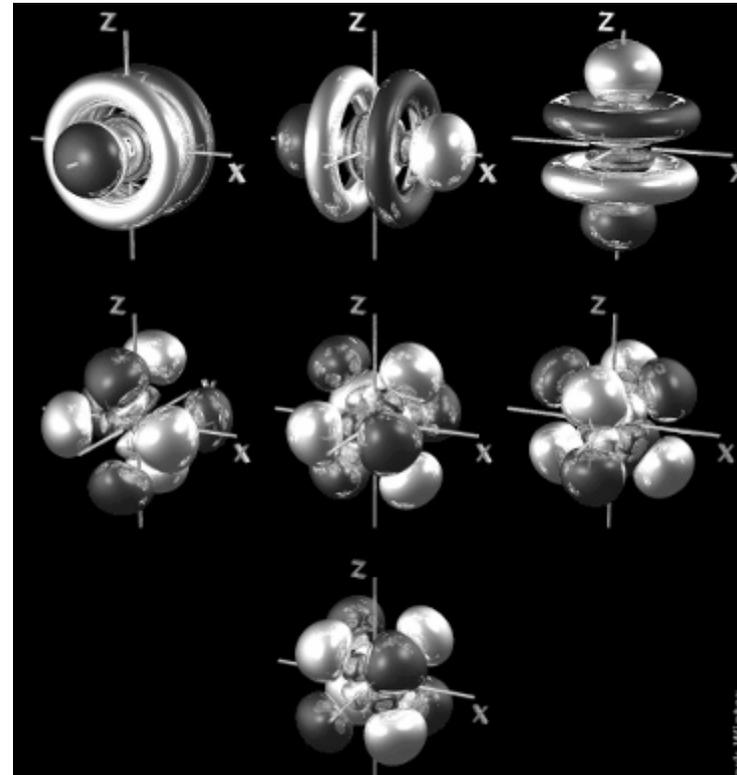
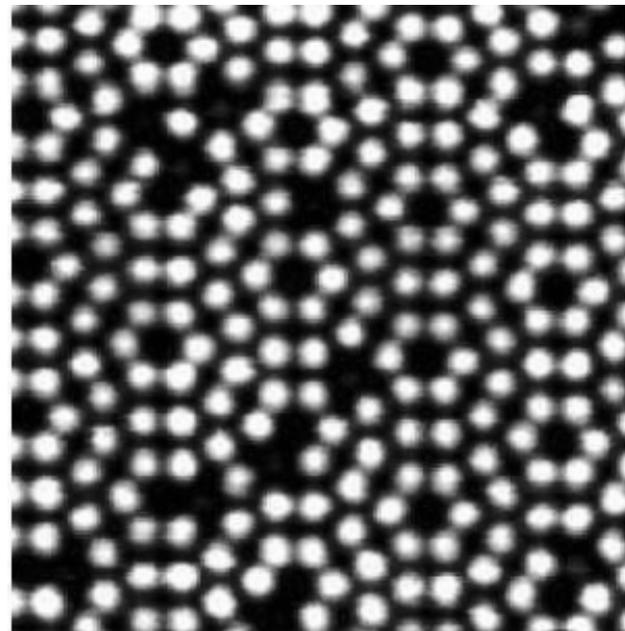
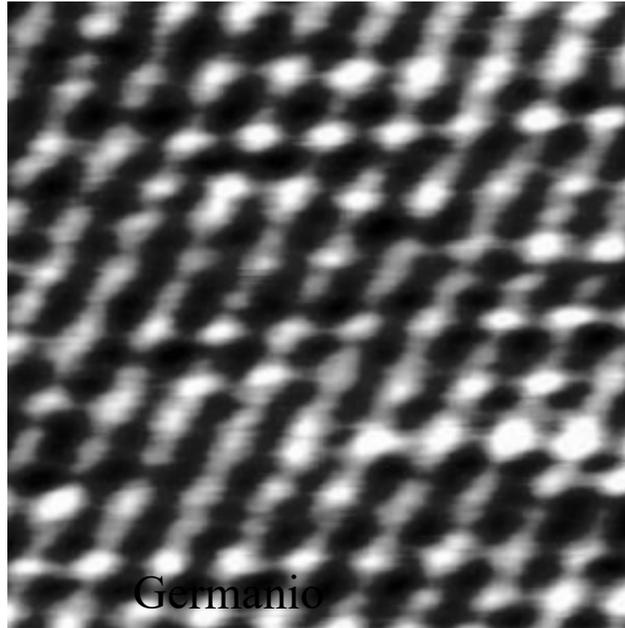
- Il fuoco e' molto caldo: bruccia!
  - Il fuoco e' molto pericoloso: fa incendi!
  - 
  - Ma il fuoco e' anche utile: un focolare riscalda
  - Ma bisogna fare attenzione!
- 
- Il fuoco e' come gas, ma molto caldo
  - Talmente caldo che si illumina
- 
- Tutto il Sole e' una gigantesca palla di fuoco
  - Grazie al. Sole esiste la vita sulla Terra

# Struttura atomica della materia (Democrito)



**Figura 3.2.** (a) Un pezzo di granito dalla Lettonia: si distinguono i grossi cristalli di ortoclasio (rosa), quarzo (bianchi) e mica (neri). (b) I cristalli bianchi nel pezzo di granito sono fatti di quarzo. Su questa foto certi cristalli hanno le dimensioni della sabbia, altri mille volte più piccoli (delle dimensioni di un micrometro) vengono usati per strofinare lo sporco ostile sulle superfici dure. (c) Dividendo questi ultimi altre mille volte si arriverebbe a singoli atomi, qui visibili tramite un microscopio “a forza atomica”: i punti bianchi sono gli atomi, mentre gli spazi neri indicano la loro assenza. FONTE: (a, b) Foto GK; (c) RHK Technology (2006), Dr. Xue Kun, Prof. Xu Jian Bin – The Chinese University of Hong Kong.

# Microscopia di singoli atomi

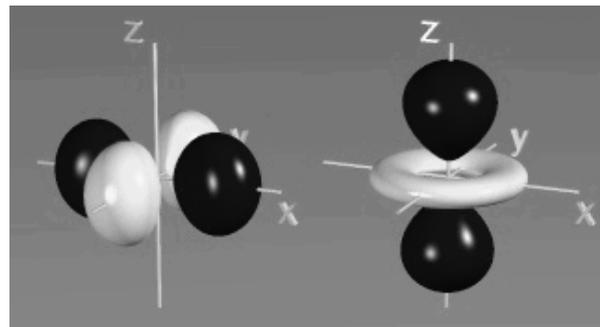
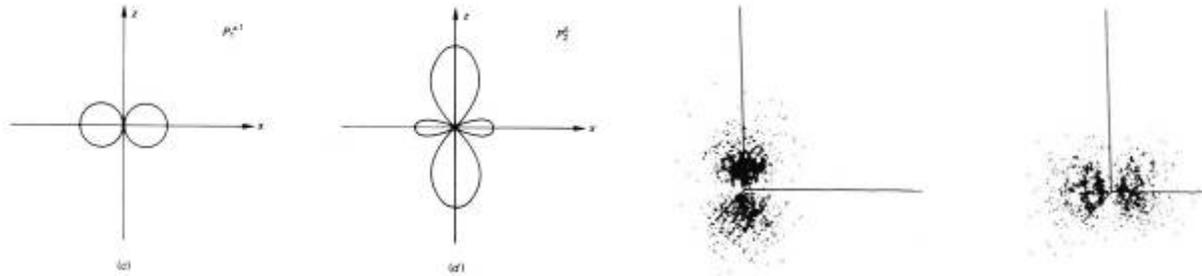
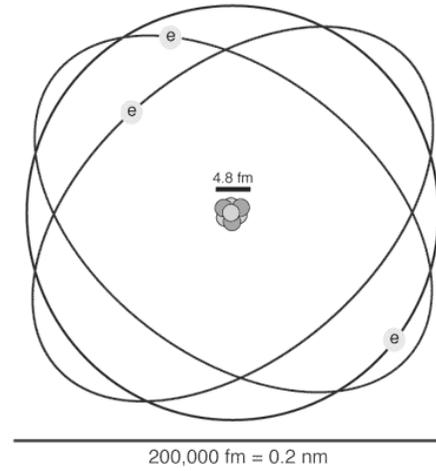


Atomi sono fatti dalla stessa materia,  
ma hanno forme diverse („uncini”)

# Gli elettroni, che girano „all'impazzata”

“gli orbitali elettronici”, “orbitali”

$$Y_{0,0} = \frac{1}{\sqrt{4\pi}} \quad Y_{1,0} = \sqrt{\frac{3}{4\pi}} \cos \Theta \quad Y_{2,0} = \sqrt{\frac{5}{4\pi}} \left( \frac{3}{2} \cos^2 \Theta - \frac{1}{2} \right)$$



<http://www.shef.ac.uk/chemistry/orbitron/>

# Contiamo gli elettroni

**Periodic Table of the Elements**

Atomic Number      Melting Point  
**Symbol**  
 Name  
 Atomic Mass

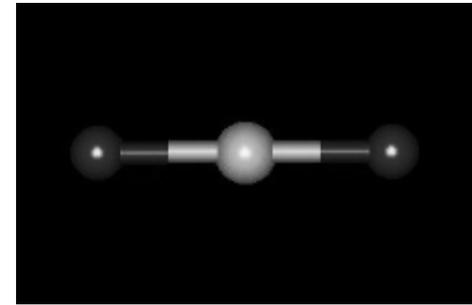
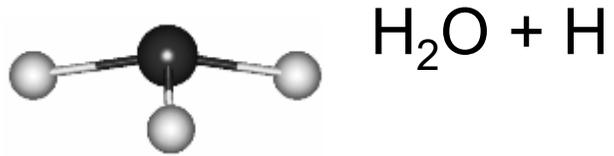
Normal melting points are in °C.  
 TP = Triple Point.  
 Pressure is listed if not 1 atm.  
 Allotrope is listed if more than one allotrope.

1 1A 1A 1 H Hydrogen 1.008	2 2A 2A 4 Be Beryllium 9.012																	18 VIIIA 8A 2 He Helium 4.003
3 3A 3A 11 Li Lithium 6.941	4 4A 4A 12 Mg Magnesium 24.305	5 5A 5A 21 Na Sodium 22.990	6 6A 6A 20 Ca Calcium 40.078	7 7A 7A 19 K Potassium 39.098	8 8A 8A 18 Ar Argon 39.948	9 9A 9A 17 Cl Chlorine 35.453	10 10A 10A 16 S Sulfur 32.065	11 11A 11A 15 P Phosphorus 30.974	12 12A 12A 14 Si Silicon 28.086	13 13A 13A 13 Al Aluminum 26.982	14 14A 14A 14 C Carbon 12.011	15 15A 15A 7 N Nitrogen 14.007	16 16A 16A 8 O Oxygen 15.999	17 17A 17A 9 F Fluorine 18.998	18 18A 18A 10 Ne Neon 20.180			
19 3A 3A 37 Rb Rubidium 85.468	20 4A 4A 38 Sr Strontium 87.62	21 5A 5A 39 Y Yttrium 88.906	22 6A 6A 40 Zr Zirconium 91.224	23 7A 7A 41 Nb Niobium 92.906	24 8A 8A 42 Mo Molybdenum 95.94	25 9A 9A 43 Tc Technetium 98.907	26 10A 10A 44 Ru Ruthenium 101.07	27 11A 11A 45 Rh Rhodium 102.906	28 12A 12A 46 Pd Palladium 106.42	29 13A 13A 47 Ag Silver 107.868	30 14A 14A 48 Cd Cadmium 112.411	31 15A 15A 49 In Indium 114.818	32 16A 16A 50 Sn Tin 118.710	33 17A 17A 51 Sb Antimony 121.760	34 18A 18A 52 Te Tellurium 127.6	35 19A 19A 53 I Iodine 126.905	36 20A 20A 54 Xe Xenon 131.29	
55 3A 3A 87 Cs Cesium 132.905	56 4A 4A 88 Ba Barium 137.327	57-71 Lanthanide Series	72 6A 6A 72 Hf Hafnium 178.49	73 7A 7A 73 Ta Tantalum 180.948	74 8A 8A 74 W Tungsten 183.85	75 9A 9A 75 Re Rhenium 186.207	76 10A 10A 76 Os Osmium 190.23	77 11A 11A 77 Ir Iridium 192.22	78 12A 12A 78 Pt Platinum 195.08	79 13A 13A 79 Au Gold 196.967	80 14A 14A 80 Hg Mercury 200.59	81 15A 15A 81 Tl Thallium 204.383	82 16A 16A 82 Pb Lead 207.2	83 17A 17A 83 Bi Bismuth 208.980	84 18A 18A 84 Po Polonium 209	85 19A 19A 85 At Astatine 210	86 20A 20A 86 Rn Radon 222	
87 3A 3A 87 Fr Francium 223	88 4A 4A 88 Ra Radium 226	89-103 Actinide Series	104 6A 6A 104 Rf Rutherfordium 261	105 7A 7A 105 Db Dubnium 262	106 8A 8A 106 Sg Seaborgium 266	107 9A 9A 107 Bh Bohrium 264	108 10A 10A 108 Hs Hassium 277	109 11A 11A 109 Mt Meitnerium 268	110 12A 12A 110 Ds Darmstadtium 285	111 13A 13A 111 Rg Roentgenium 272	112 14A 14A 112 Cn Copernicium 285	113 15A 15A 113 Uut Ununtrium 284	114 16A 16A 114 Fl Flerovium 289	115 17A 17A 115 Uup Ununpentium 288	116 18A 18A 116 Lv Livermorium 293	117 19A 19A 117 Uus Ununseptium 289	118 20A 20A 118 Uuo Ununoctium 289	
57 6A 6A 57 La Lanthanum 138.905	58 7A 7A 58 Ce Cerium 140.12	59 8A 8A 59 Pr Praseodymium 140.908	60 9A 9A 60 Nd Neodymium 144.24	61 10A 10A 61 Pm Promethium 144.913	62 11A 11A 62 Sm Samarium 150.36	63 12A 12A 63 Eu Europium 151.964	64 13A 13A 64 Gd Gadolinium 157.25	65 14A 14A 65 Tb Terbium 158.925	66 15A 15A 66 Dy Dysprosium 162.50	67 16A 16A 67 Ho Holmium 164.930	68 17A 17A 68 Er Erbium 167.26	69 18A 18A 69 Tm Thulium 168.934	70 19A 19A 70 Yb Ytterbium 173.054	71 20A 20A 71 Lu Lutetium 174.967				
89 6A 6A 89 Ac Actinium 227.033	90 7A 7A 90 Th Thorium 232.038	91 8A 8A 91 Pa Protactinium 231.036	92 9A 9A 92 U Uranium 238.029	93 10A 10A 93 Np Neptunium 237.048	94 11A 11A 94 Pu Plutonium 244.064	95 12A 12A 95 Am Americium 243.061	96 13A 13A 96 Cm Curium 247.070	97 14A 14A 97 Bk Berkelium 247.070	98 15A 15A 98 Cf Californium 251.080	99 16A 16A 99 Es Einsteinium 252.083	100 17A 17A 100 Fm Fermium 257.095	101 18A 18A 101 Md Mendelevium 258.10	102 19A 19A 102 No Nobelium 259.10	103 20A 20A 103 Lr Lawrencium 260				
Alkali Metal	Alkaline Earth	Transition Metal	Basic Metal	Semimetal	Nonmetal	Halogen	Noble Gas	Lanthanide	Actinide									

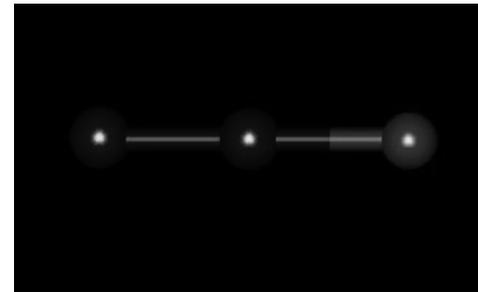
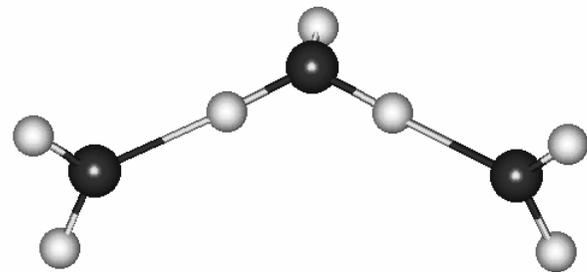
© 2014 Todd Helmenstein  
sciencemotes.org

<https://www.scienzafacile.com/introduzione-alla-tavola-periodica-degli-elementi/>

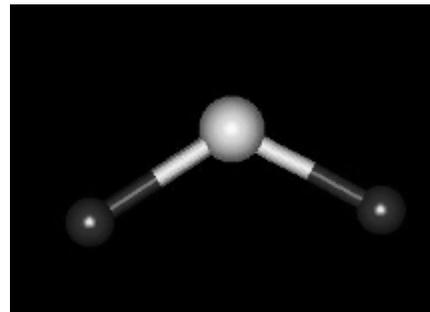
# Atomi e molecole



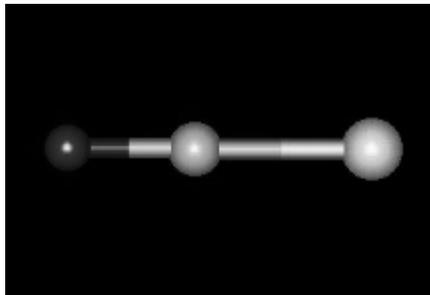
$\text{CO}_2$



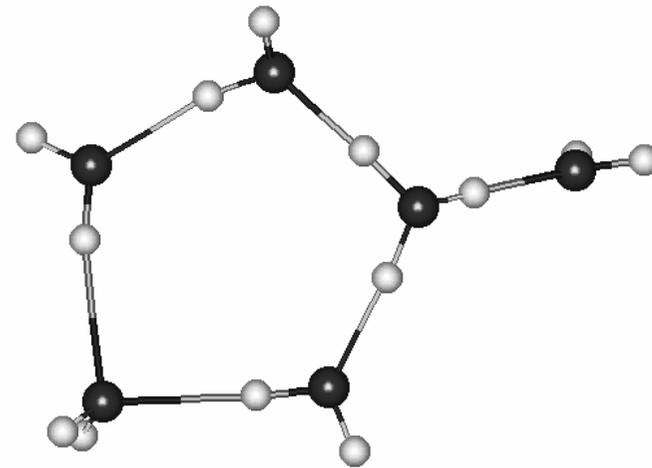
$\text{N}_2\text{O}$



$\text{SO}_2$

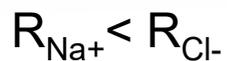
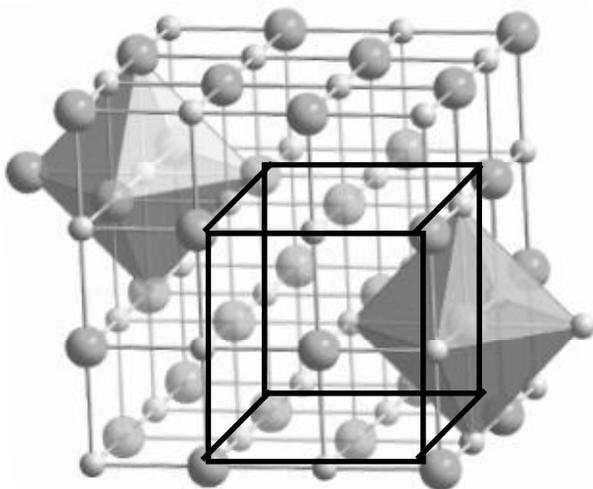


OCS



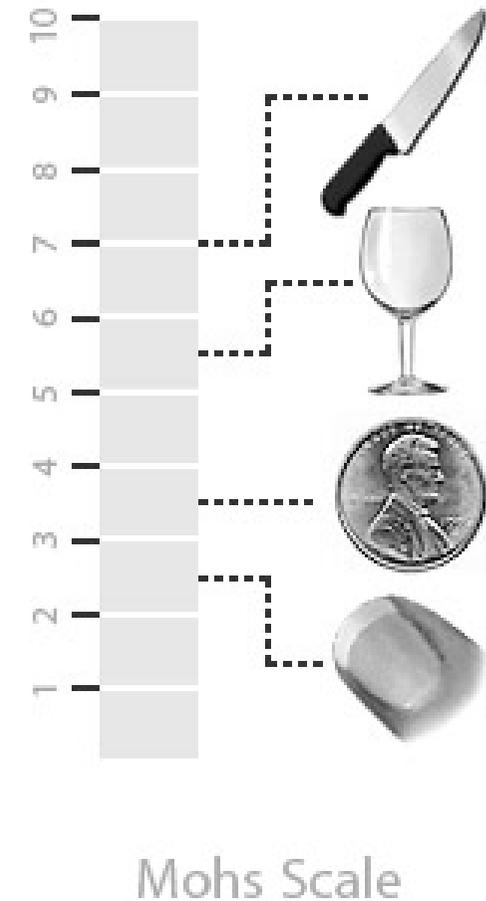
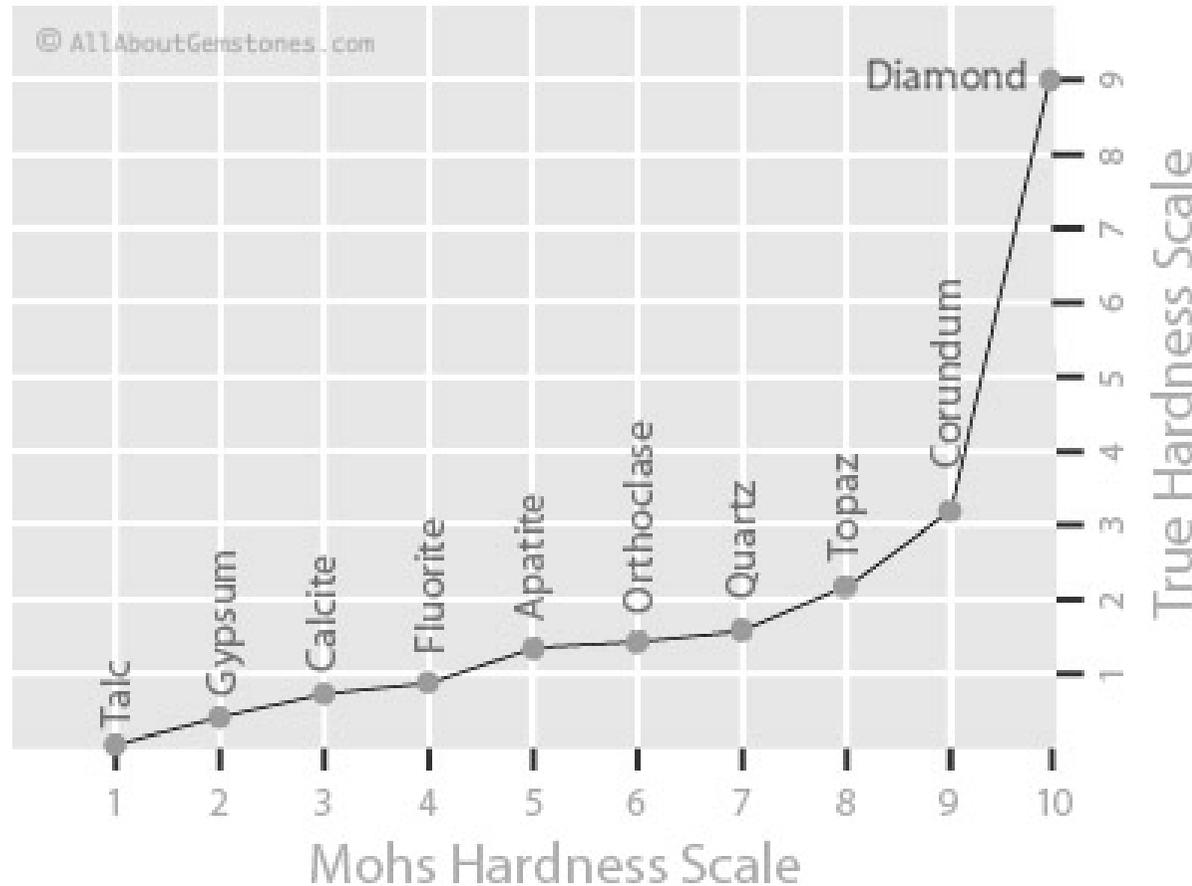
# Struttura cristallografica

## Cristallo regolare: cloruro di sodio



Układ regularny **ściennie centrowany** dla  $\text{Cl}^-$  (zielone)  
z jonami  $\text{Na}^+$  (szare) w lukach oktaedrycznych

# Scala della durezza (Mohs)



Materiale più duro lascia una traccia sul materiale più morbido.

La durezza dell'unghia è c.a. 2,5, vetro 5,5, lima (metallica) per le unghie 6,5.

# 1 talco



<http://www.mii.org/Minerals/Minpics1/Talc%202.jpg>

<http://www.microphotonics.com/talc%20powder.jpg>

2 gesso (alabastro)  $\text{CaSO}_4$



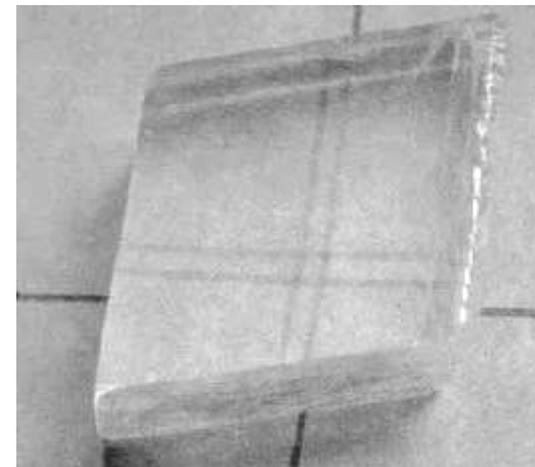
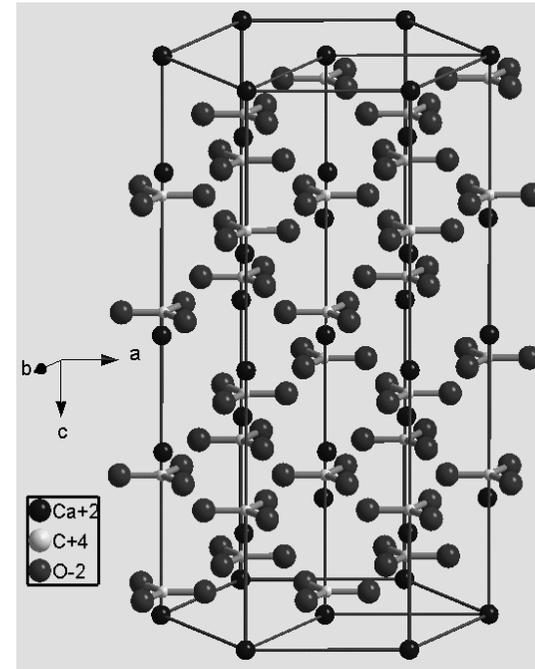
<http://www.dkimages.com/discover/previews/953/35003342.JPG>

# Spato d'Islanda: birifrangenza

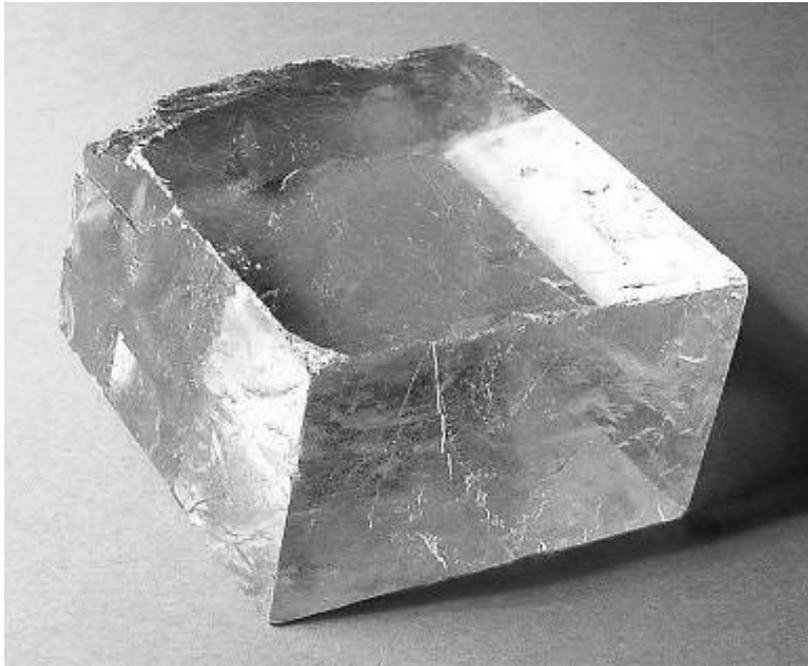


Museo di Vienna

Birifrangenza: nelle direzioni perpendicolari la luce propaga con velocità diverse (Foto GK)



# 3 calcite (calcare, spato d'Islanda) $\text{CaCO}_3$



<http://skywalker.cochise.edu/wellerr/mineral/calcite/6calcite-cleavage2.jpg>  
[http://www.gvstones.com.br/brazil\\_orange\\_compact\\_calcite\\_bocc05\\_f09.JPG](http://www.gvstones.com.br/brazil_orange_compact_calcite_bocc05_f09.JPG)

# 6 ortoclasio $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$

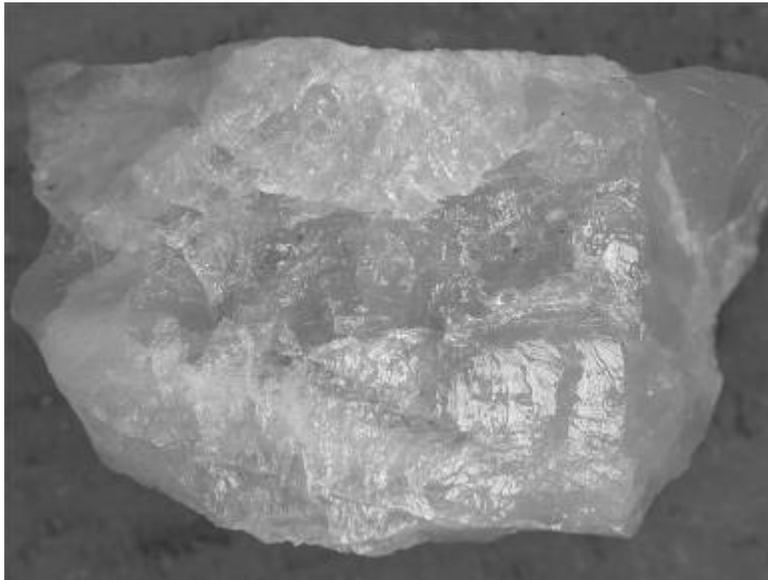
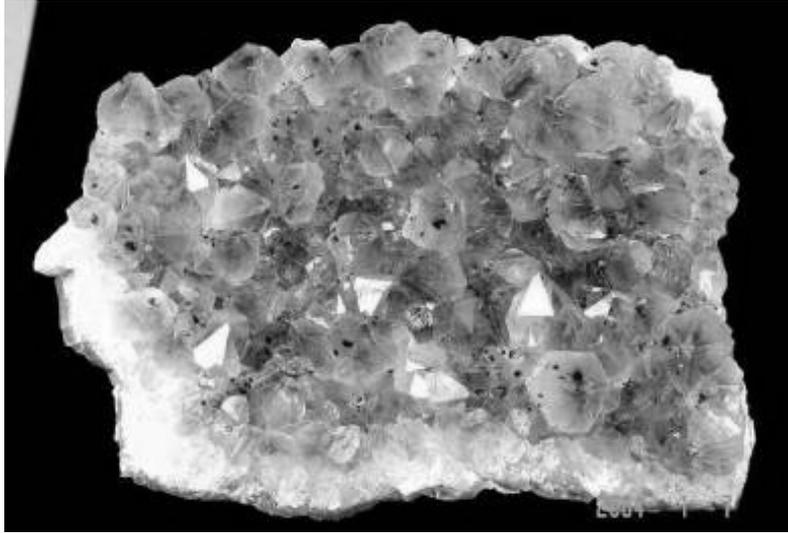


Cristalli rosa/ rossi nel granito

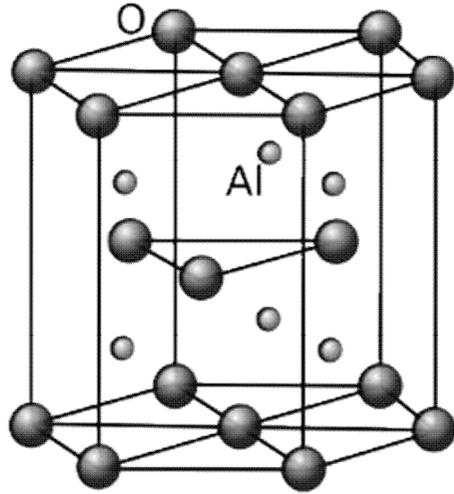


<http://www.thomsonminerals.com/images/JBW615CORTHOCLASENCL.jpg>  
<http://www.prettyrock.com/php/images/facet-rough/orthoclase-04302007-1-1.jpg>

# 7 quarzo ( $\text{SiO}_2$ )

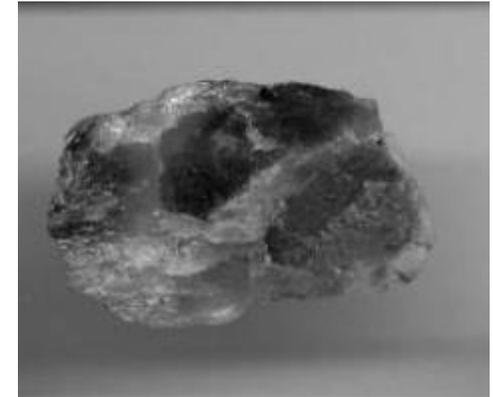


<http://www.pitt.edu/~cejones/GeoImages/1Minerals/1IgneousMineralz/Quartz/QuartzRose.jpg>  
[http://earthnet-geonet.ca/images/dynamic/minerals/smokey\\_quartz.jpg](http://earthnet-geonet.ca/images/dynamic/minerals/smokey_quartz.jpg)  
[http://perso.wanadoo.es/maquinalmatheus/ima/ametiste\\_rectifiee.jpg](http://perso.wanadoo.es/maquinalmatheus/ima/ametiste_rectifiee.jpg)  
[http://perso.wanadoo.es/maquinalmatheus/ima/ametiste\\_rectifiee.jpg](http://perso.wanadoo.es/maquinalmatheus/ima/ametiste_rectifiee.jpg)



9 corindone  $\text{Al}_2\text{O}_3$

$\text{Al}_2\text{O}_3$  – «carta vetrata»



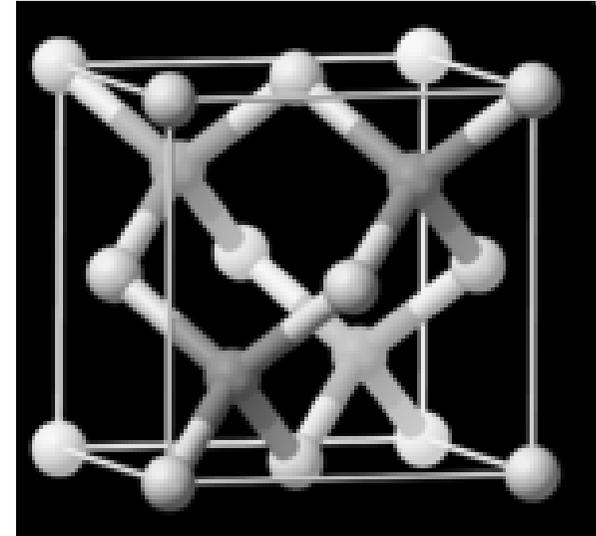
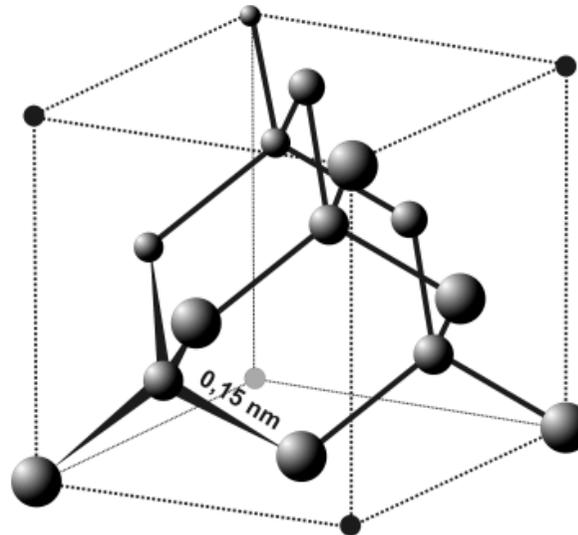
- con gli ioni di Fe: zafiro

- con gli atomi (ioni) Cr: rubino



Foto: Wikipedia

## Classe «regolare»: diamante



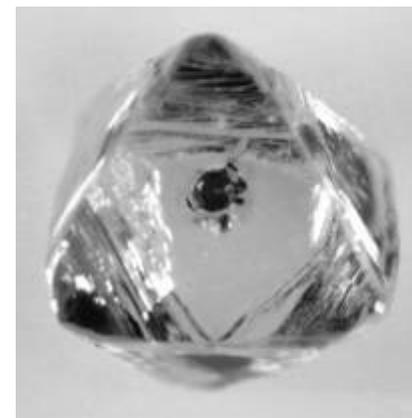
Simmetria regolare (cubica), centrato sulle pareti

ZnS – blenda di zinco  
(*sfaleryt*)

Kubisch flächenzentrierte Kristallstruktur (fcc) des Diamant.  
Jedes Kohlenstoffatom ist gleichwertig mit vier Nachbaratomen **kovalent** gebunden,  
unten links in der Zeichnung hervorgehoben.

<http://de.wikipedia.org>

# 10 diamante



Round Diamond



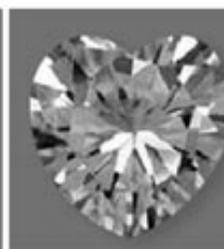
Princess Diamond



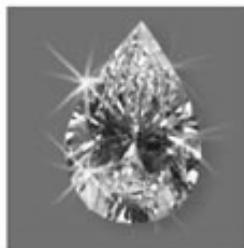
Emerald Diamond



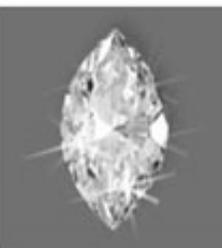
Cushion Diamond



Heart Diamond



Pear Diamond



Marquise Diamond



Oval Diamond



Radiant Diamond



Asscher Diamond



Il taglio sceglie il cliente

<http://loopable.files.wordpress.com/2007/07/diamant.gif>  
<http://www.diamondgeezer.com/diamond-buyers-guide/images/diamond-shape.jpg>  
<http://www.worldwidediamonds.info/oppenheimer%20diamond%20yellow%20crystal.jpg>  
<http://famousdiamonds.tripod.com/steinmetzpinkdiamond.html>

# Ceramica, vetro

## **Cofanetto da toeletta di Merit**

Nuovo Regno, XVIII dinastia, regno  
Amenofi II-III (1428-1351 a.C.)

Legno (sicomoro) con recipienti di  
alabastro, vetro e ceramica



<https://archeologiavocidalpassato.com/tag/cofanetto-per-toeletta/>  
<https://it.wikipedia.org/wiki/TT8>

# Galena, malachite...

Regina Nefertari  
(1295-1255 a.C)



“Il clima torrido, il sole abbacinante e l’ambiente polveroso dell’Egitto non erano certo salubri per l’epidermide e gli occhi. Gli antichi creatori di cosmetici avevano quindi messo a punto trucchi dotati di potere protettivo o terapeutico”. È proprio quanto succede con il kohl i cui componenti principali – come abbiamo visto – erano la malachite (**carbonato del rame** di colore verde intenso) e la **galena** (composto del piombo dal tono grigio scuro) cui venivano aggiunti grassi animali, cera d’api o resine per agglutarli. “Tramite l’uso di tipici bastoncini di legno, questi pigmenti venivano stesi generosamente sulle palpebre proteggendo gli occhi dal tracoma, una malattia infiammatoria cronica della congiuntiva, di natura virale e contagiosa. Inoltre, evitavano l’emeralopia, ovvero l’abbassamento della vista al tramonto e curavano la congiuntivite”.

# Galena, malachite...



Galena = solfuro di piombo (PbS)

Veniva utilizzata anche come componente per le vernici, ma già da tempo questo uso è stato abbandonato per l'alta tossicità del piombo.



<https://it.wikipedia.org/wiki/Galena>



<https://it.wikipedia.org/wiki/Malachite>

Malachite = carbonato di rame  $\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$

è la polvere prodotta durante la lavorazione ad essere tossica

# Museo di Ermitage (S. Pietroburgo)



<https://it.wikipedia.org/wiki/Malachite>

# Polenta trentina e caffè macedone...



Perché altre pentole in cucina non si fabbricano in rame?

# Cattedrale di Danzica (\*1343)



# Il trucco nell'antico Egitto tra seduzione e protezione

Sorprende molto però scoprire che anche tra i popoli antichi erano diffusi diversi rituali estetici per esaltare la bellezza del corpo, cercando così di aumentare il proprio fascino. Ogni donna egizia, quindi, aveva un proprio **cofanetto**, che avrebbe portato anche nell'aldilà, nel quale conservava un grande numero di oggetti.



Pisa, 31 marzo 2022 – I ricercatori dell'Università di Pisa hanno investigato per la prima volta il contenuto di circa cinquanta vasi e anfore provenienti dalla tomba di Kha e Merit del Museo Egizio di Torino risalenti a circa 3.500 anni fa. L'indagine è avvenuta senza aprire o intaccare i reperti grazie ad una innovativa metodologia che ha permesso di "annusare" le tracce dei composti organici residui.

Nei preziosi contenitori in alabastro sono stati identificati resine e unguenti spesso insieme a cera d'api, uno dei materiali più rinvenuti perché usato sia

come conservante sia come base per la preparazione di cosmetici. Nelle anfore i



Elena Cappannella, 8 Marzo 2021, <https://egittolizzando.altervista.org/il-trucco-nellantico-egitto-tra-seduzione-e-protezione/>

# «Verdigris» o grenspan



[https://www.coincommunity.com/forum/topic.asp?TOPIC\\_ID=46390](https://www.coincommunity.com/forum/topic.asp?TOPIC_ID=46390)



Giardini di Lussemburgo

<https://fr.wikipedia.org/wiki/Vert-de-gris>

## Poisonous Verdigris - Precaution and Tips in Taking Care of Brass and Copper Cookware

Most copper and brass cookware are tin-lined because these two substances are known to develop verdigris. It is a highly poisonous substance that can contaminate food. Stop using your cookware when you see greenish discoloration already.

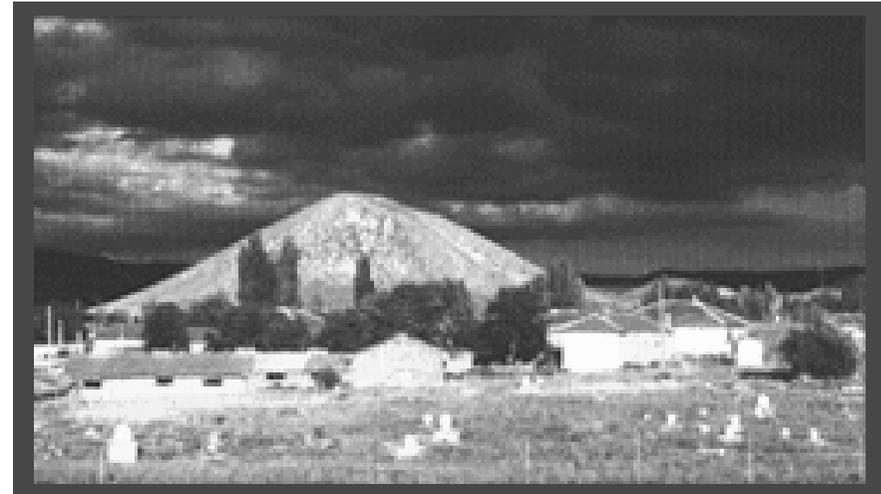
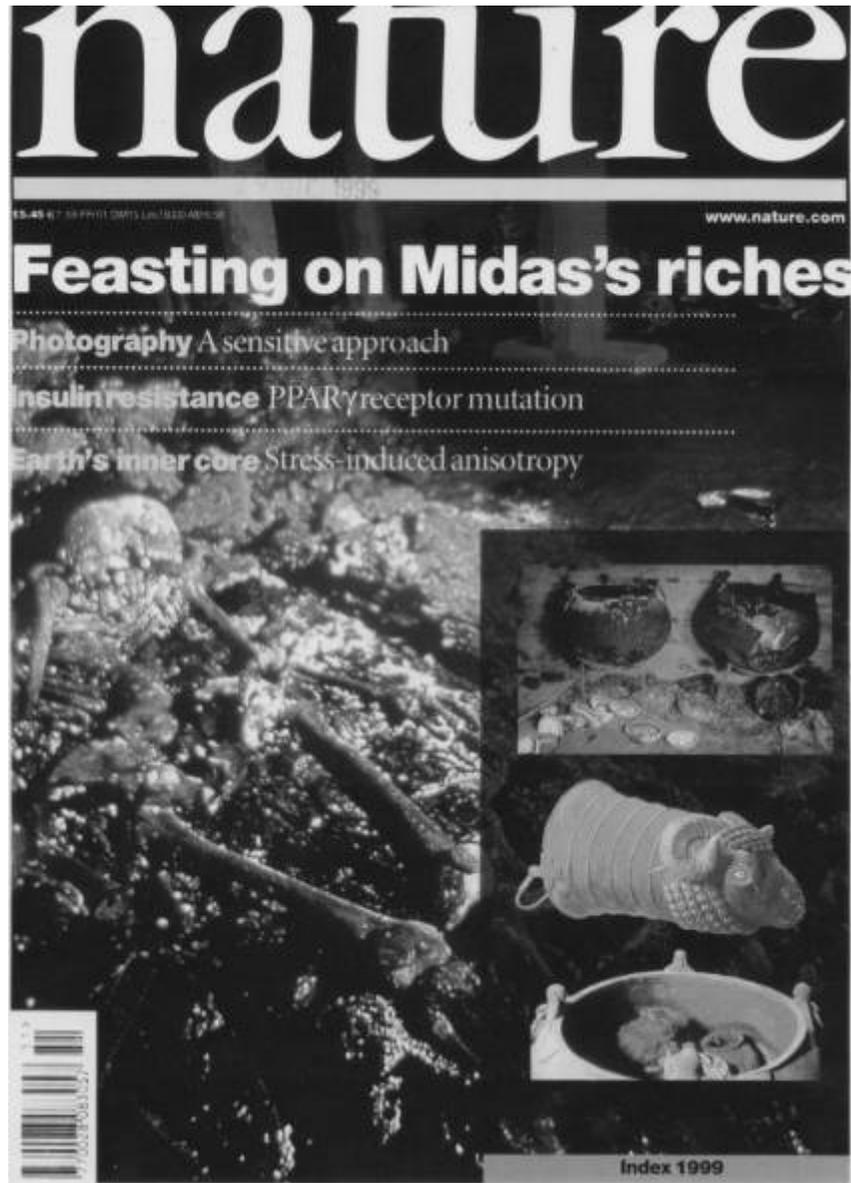
Article Source: <http://EzineArticles.com/1912771>

## Acetato di rame è velenoso!

# Tutti e tre gli indizi, cioè

- il trucco delle donne Egizie
- la caffettiera Macedone
- la pattina sui tetti delle chiese medioevali
- indicano, che:
  - il rame, diversamente dal oro (ma simile ad argento) non è un metallo del tutto «nobile», i.e. subisce la corrosione
  - le sali (compreso i minerali) di rame hanno il colore verde (o azzurro), come abbiamo già notato nella lezione sulla spettroscopia (i fuochi d'artificio di Parigi)
  - l'acetato di rame è velenoso (= competenza sociale)

# Festeggiando ai fasti di Mida



<https://www.penn.museum/sites/midas/intro.shtml>

# Festa funebre di Re Mida

Si può dire che cosa si mangiava alla festa 3 mila anni fa? Si scopre che sì! Nel 1999 gli archeologi hanno aperto in Asia Minore, nella zona dell'antica Frigia, una tomba piena di tesori: perle, gemme preziose, pesanti stoffe e sofisticati calici di bronzo. La ricchezza della sepoltura indicava un alto rango del morto, e il luogo di ritrovamento e l'età – la affinità cultura col la Grecia pre-classica. Quasi, quasi, la tomba di Re Mida.



In fondo ai calici a forma delle teste di pecora (*situla*) c'erano dei residui, quasi invisibili ad occhio nudo. Forse i residui della festa? Ma erano così pochi, che non si potevano assaggiare. Ma a che cosa serve la scienza moderna?

Si scopre che alla festa di Re Mida non si risparmiava: in fondo di oltre 100 calici e vasi per mescolare le bevande gli scienziati hanno identificato 16 tipi di diverse bevande alcoliche: vini di qualità, birra d'orzo e miele fermentato. In fondo ai piatti hanno identificato almeno 14 tipi di carni, principalmente di capre e ovini. La carne veniva prima grigliata poi mescolata con erbe e aromi. I vini e le birre erano mescolate in diverse proporzioni e serviti nelle coppe raffinate. Le rimanenze hanno lasciato a Re Mida per il suo viaggio attraverso la Stige.

**Una festa così basta per passare al mito!**

# Metalli, leghe, ori

Fe: acciaio, ghisa



Cu: ottone, bronzo



Alluminio, titanio, nichel



# Modern iron in ancient Egypt (siderurgia)



The 34 centimeter long dagger had a iron-mixture blade with a gold handle with a crystal knob at the end. Artifacts produced with ordinary iron ore quarrying typically display a maximum of 4% nickel, however, Tut's (1341-1321a.C.) weapon contained nearly 11% nickel, and presence of cobalt. This dagger as well as many other iron objects found in ancient Egypt were made from meteorites.

# Ferro, nichel, cobalto

**Periodic Table of the Elements**

Atomic Number    Melting Point  
Symbol  
Name  
Atomic Mass

Normal melting points are in °C.  
 TP = Triple Point.  
 Pressure is listed if not 1 atm.  
 Allotrope is listed if more than one allotrope.

1 1A 1A 1 H Hydrogen 1.008	2 2A 2A 4 Be Beryllium 9.012																	18 VIIIA 8A 2 He Helium 4.003					
3 1A 3A 11 Li Lithium 6.941	4 2A 12 Mg Magnesium 24.305																	13 IIIA 3A 5 B Boron 10.811	14 IVA 4A 6 C Carbon 12.011	15 VA 5A 7 N Nitrogen 14.007	16 VIA 6A 8 O Oxygen 15.999	17 VIIA 7A 9 F Fluorine 18.998	18 VIIIA 8A 10 Ne Neon 20.180
19 1A 11 Na Sodium 22.990	20 2A 12 Mg Magnesium 24.305	3 IIIB 3B 21 Sc Scandium 44.956	4 IVB 4B 22 Ti Titanium 47.88	5 VB 5B 23 V Vanadium 50.942	6 VIB 6B 24 Cr Chromium 51.996	7 VIIB 7B 25 Mn Manganese 54.938	8 VIII 8 26 Fe Iron 55.845	9 VIII 8 27 Co Cobalt 58.933	10 VIII 8 28 Ni Nickel 58.693	11 IB 1B 29 Cu Copper 63.546	12 IIB 2B 30 Zn Zinc 65.39	13 IIIB 3A 31 Al Aluminum 26.982	14 IVA 4A 32 Si Silicon 28.086	15 VA 5A 33 P Phosphorus 30.974	16 VIA 6A 34 S Sulfur 32.06	17 VIIA 7A 35 Cl Chlorine 35.453	18 VIIIA 8A 36 Ar Argon 39.948						
37 1A 3A 37 Rb Rubidium 85.468	38 2A 38 Sr Strontium 87.62	39 3 39 Y Yttrium 88.906	40 4 40 Zr Zirconium 91.224	41 5 41 Nb Niobium 92.906	42 6 42 Mo Molybdenum 95.94	43 7 43 Tc Technetium 98.907	44 8 44 Ru Ruthenium 101.07	45 9 45 Rh Rhodium 102.906	46 10 46 Pd Palladium 106.42	47 11 47 Ag Silver 107.868	48 12 48 Cd Cadmium 112.411	49 13 49 In Indium 114.818	50 14 50 Sn Tin 118.71	51 15 51 Sb Antimony 121.760	52 16 52 Te Tellurium 127.6	53 17 53 I Iodine 126.905	54 18 54 Xe Xenon 131.29						
55 1A 5A 55 Cs Cesium 132.905	56 2A 56 Ba Barium 137.327	57-71 Lanthanide Series	72 6 72 Hf Hafnium 178.49	73 7 73 Ta Tantalum 180.948	74 8 74 W Tungsten 183.85	75 9 75 Re Rhenium 186.207	76 10 76 Os Osmium 190.23	77 11 77 Ir Iridium 192.22	78 12 78 Pt Platinum 195.08	79 13 79 Au Gold 196.967	80 14 80 Hg Mercury 200.59	81 15 81 Tl Thallium 204.383	82 16 82 Pb Lead 207.2	83 17 83 Bi Bismuth 208.980	84 18 84 Po Polonium 209	85 19 85 At Astatine 210	86 20 86 Rn Radon 222						
87 1A 7A 87 Fr Francium 223	88 2A 88 Ra Radium 226	89-103 Actinide Series	104 14 104 Rf Rutherfordium 261	105 15 105 Db Dubnium 262	106 16 106 Sg Seaborgium 266	107 17 107 Bh Bohrium 264	108 18 108 Hs Hassium 265	109 19 109 Mt Meitnerium 268	110 20 110 Ds Darmstadtium 271	111 21 111 Rg Roentgenium 272	112 22 112 Cn Copernicium 277	113 23 113 Uut Ununtrium 284	114 24 114 Fl Flerovium 289	115 25 115 Uup Ununpentium 288	116 26 116 Lv Livermorium 293	117 27 117 Uus Ununseptium 289	118 28 118 Uuo Ununoctium 294						
			57 57 La Lanthanum 138.905	58 58 Ce Cerium 140.12	59 59 Pr Praseodymium 140.908	60 60 Nd Neodymium 144.24	61 61 Pm Promethium 144.913	62 62 Sm Samarium 150.36	63 63 Eu Europium 151.964	64 64 Gd Gadolinium 157.25	65 65 Tb Terbium 158.925	66 66 Dy Dysprosium 162.5	67 67 Ho Holmium 164.930	68 68 Er Erbium 167.26	69 69 Tm Thulium 168.934	70 70 Yb Ytterbium 173.054	71 71 Lu Lutetium 174.967						
			89 89 Ac Actinium 227.033	90 90 Th Thorium 232.038	91 91 Pa Protactinium 231.036	92 92 U Uranium 238.029	93 93 Np Neptunium 237.048	94 94 Pu Plutonium 244.064	95 95 Am Americium 243.061	96 96 Cm Curium 247.070	97 97 Bk Berkelium 247.070	98 98 Cf Californium 251.083	99 99 Es Einsteinium 252.083	100 100 Fm Fermium 257.095	101 101 Md Mendelevium 258.10	102 102 No Nobelium 259.108	103 103 Lr Lawrencium 260.105						
			Alkali Metal	Alkaline Earth	Transition Metal	Basic Metal	Semimetal	Nonmetal	Halogen	Noble Gas	Lanthanide	Actinide											

© 2014 Todd Helmenstein  
sciencemotes.org

<https://www.scienzafacile.com/introduzione-alla-tavola-periodica-degli-elementi/>

# [https://it.wikipedia.org/wiki/Età\\_del\\_ferro](https://it.wikipedia.org/wiki/Età_del_ferro)

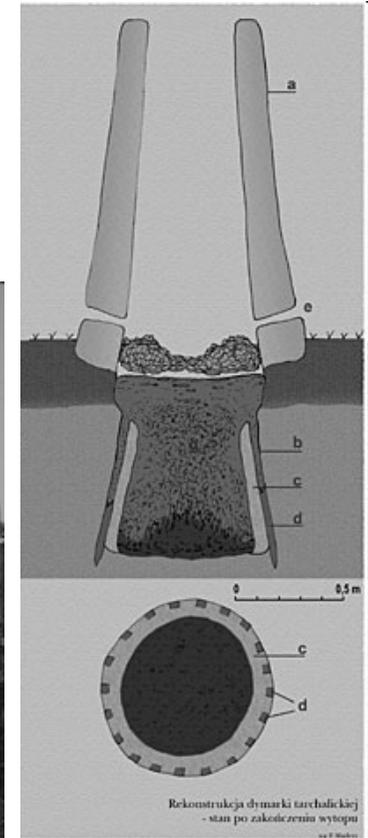
L'adozione di questo nuovo materiale spesso coincide con altri mutamenti nella società, non escluse le divergenti pratiche agricole, credenze religiose e stili artistici.

Oggi pertanto si tende ad indicare con età del ferro non una fase cronologica o uno stadio evolutivo, ma la presenza di una tecnica che influenzò profondamente e in modo duraturo la società di alcune culture, in particolar modo in Europa. In particolare tra le civiltà che conobbero il ferro ci sono:

1. i Dori nella Grecia arcaica;
2. gli Etruschi Villanoviani in Etruria (nell'attuale Toscana, a Tarquinia, nel Lazio, nella Pianura padana, e in Campania);
3. i Piceni nelle attuali Marche ed Abruzzo;
4. i Latini nel Lazio antico (Latium vetus);
5. i Veneti nell'area ad est di Verona;
6. i Celti, con le culture di Hallstatt e di La Tène;
7. i Germani;
8. i Nuragici in Sardegna;
9. i cosiddetti Popoli del Mare nel Vicino Oriente.

# „Età del ferro”

- Storia – forni in argilla, «blumi», lingotti
- Minerali di ferro: limonite, siderite, ...



«Forno a fumare» (nella lingua di pre-Slavi, grandi esportatori di semi-lavorati di ferro per i Romani), o farga catalana, fatta di argilla o creta, permetteva d'ottenere la temperatura di 1200°C - troppo bassa per la fusione del ferro, ma sufficiente alla formazione di una lega spontanea carbone-ferro: venivano prodotti i pezzi (blumi) che successivamente dovevano essere lavorati nelle fucine. I dettagli del processo e la composizione chimica di «blumi» non si conoscono.

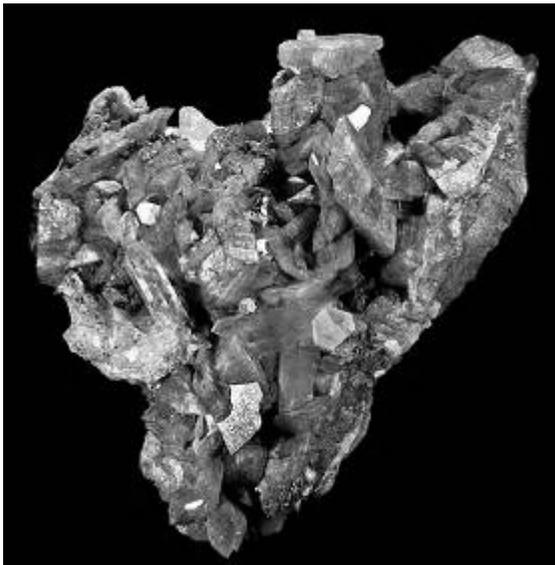
# Minerali di ferro



Limonite  $\text{FeO}(\text{OH}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$



Hematite  $\text{Fe}_2\text{O}_3$



Siderite  $\text{FeCO}_3$



Magnetite  $\text{Fe}_3\text{O}_4$



# Ittiti (?) (II millennio a.C.)



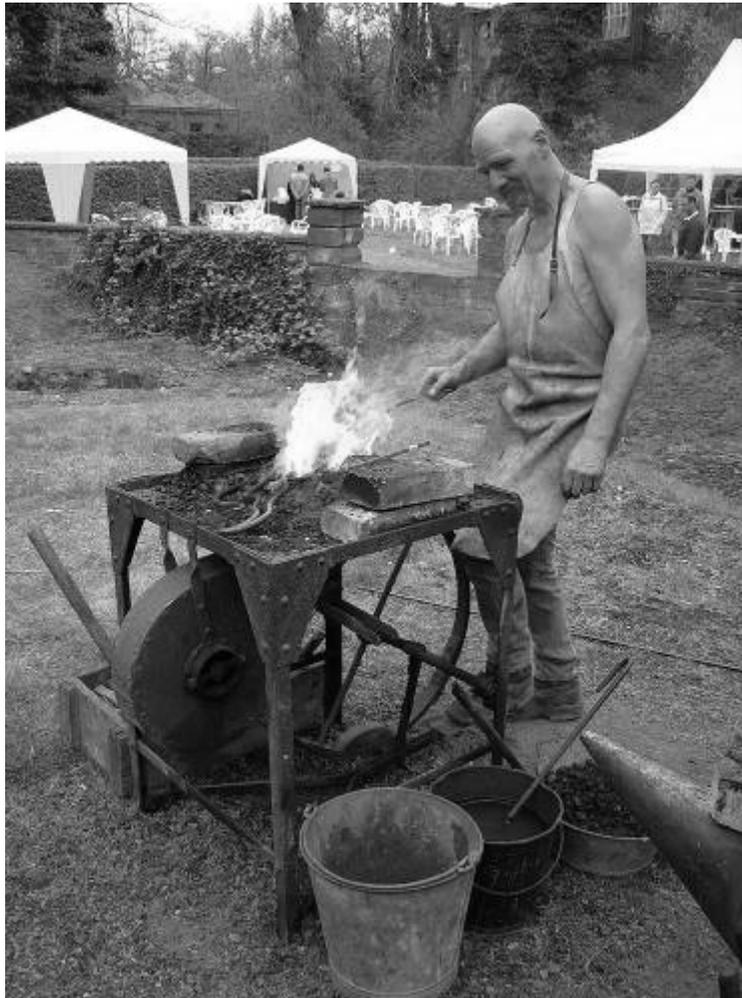
Klaus-Peter Simon, [https://pl.wikipedia.org/wiki/Hetyci#/media/Plik:Yazilikaya\\_B\\_12erGruppe.jpg](https://pl.wikipedia.org/wiki/Hetyci#/media/Plik:Yazilikaya_B_12erGruppe.jpg)  
CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=632128>  
Bernard Gagnon CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=37792370>

# Battaglia di Kadesz (1280 a.C.)



Ramses II

# Una fucina, per ulteriore lavorazione

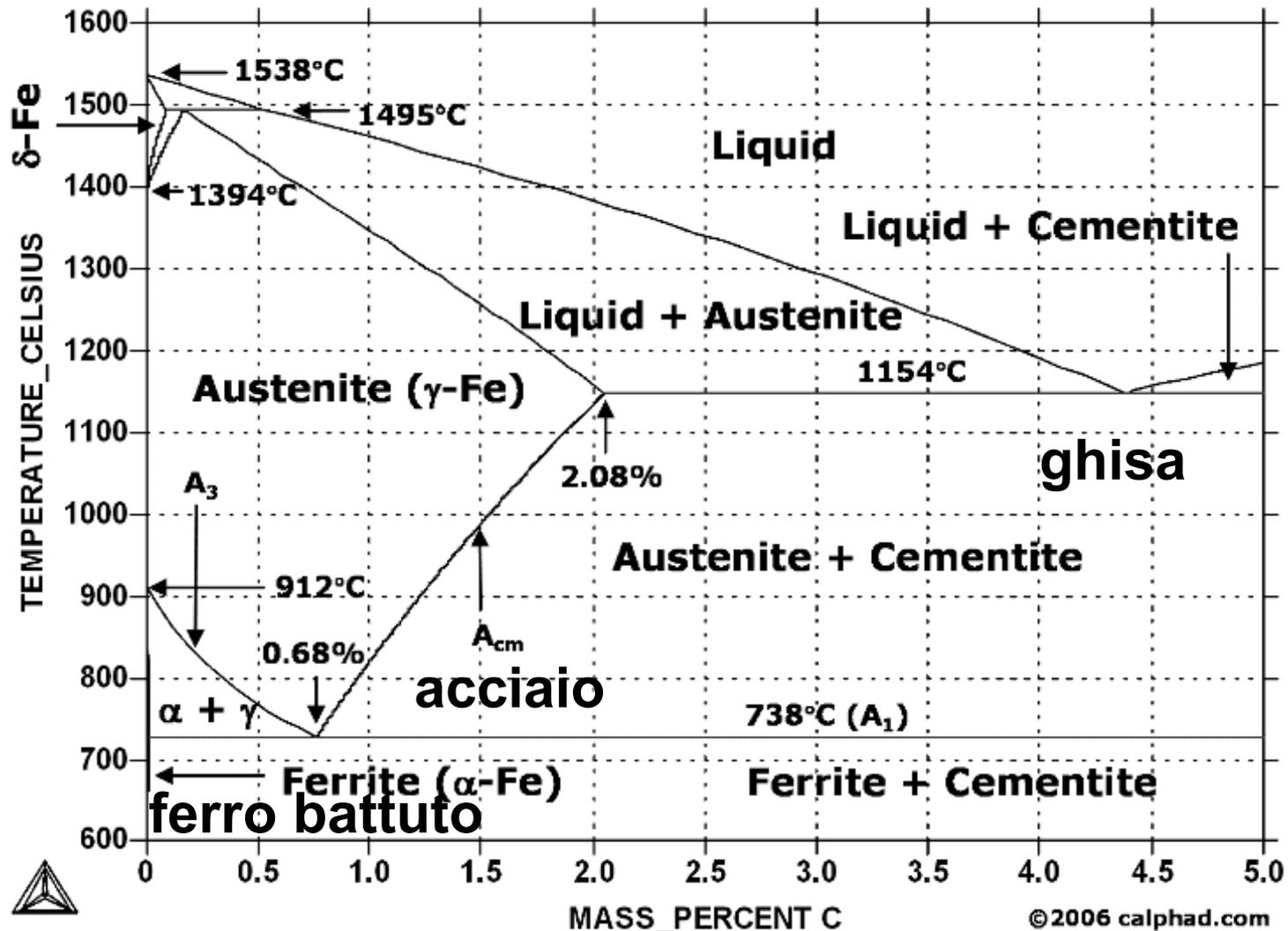


Pompare l'aria brucia il carbonio in eccesso, e permette di produrre l'acciaio

<https://it.wikipedia.org/wiki/Siderurgia>

<https://it.wikipedia.org/wiki/Fabbro>

# Acciaio: lega di ferro con carbonio (<2.1%)

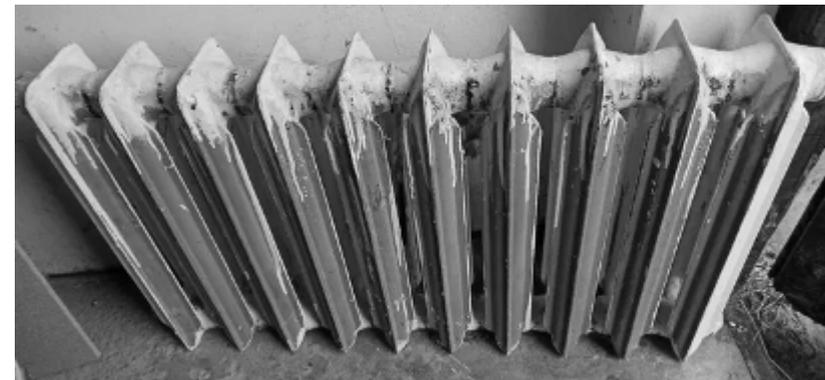
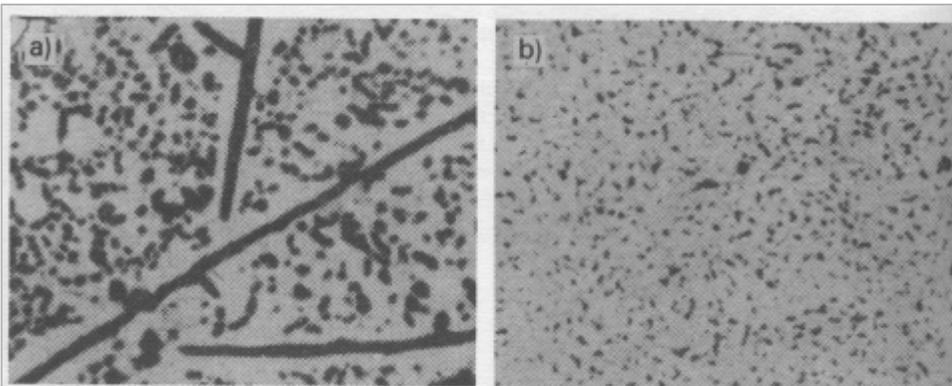


# Ghisa, acciaio, ferro battuto, etc.



[https://en.wikipedia.org/wiki/Wrought\\_iron](https://en.wikipedia.org/wiki/Wrought_iron)

<https://www.supereva.it/ecco-che-aspetto-ha-titanic-oggi-3810-metri-atlantico-39001>

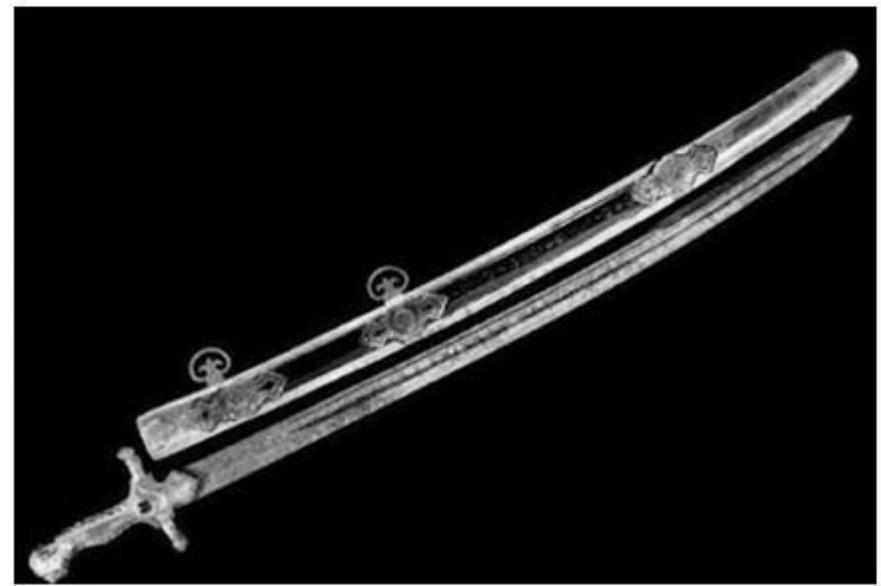


Grafite cristallizzato nella ghisa (lega Fe-C con 4% C)

# La spada di Damasco



Assedio di Antiochia (1098 d.C.)



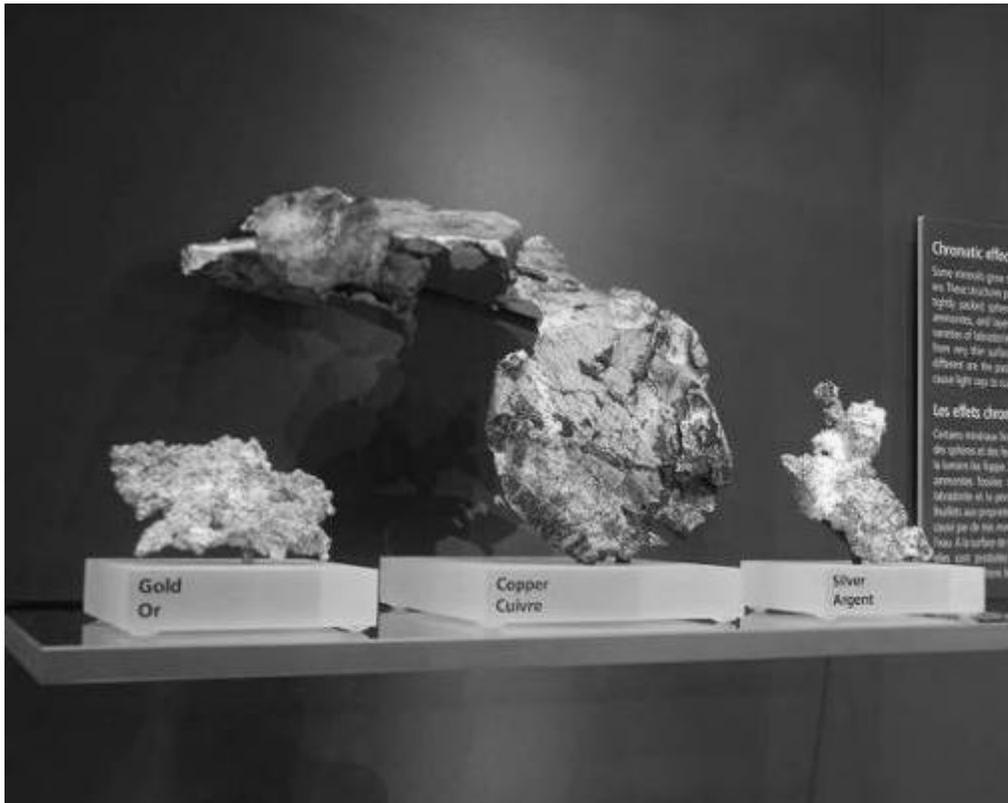
[dott.ssa Claudia Cepollaro]

Nella **Forgiatura** la lama era creata modellando il ferro con presse o con maglie inserite nella forgia, una sorta di forno con carboni ardenti alimentati da un mantice. La temperatura non doveva essere troppo elevata per evitare che il ferro diventasse ~~ghisa~~ diventasse troppo morbido. Successivamente la lama, resa arroventata con i carboni della forgia, era lavorata con martello ed incudine. Seguiva la **Tempra** dove il ferro della lama arroventata, divenuto acciaio, veniva immersa in olio o acqua. E per finire il **Rinvenimento**, un trattamento termico con un riscaldamento seguito da un raffreddamento a velocità controllata (nella urina?) che dava durezza l'elasticità all'arma.

<https://lagiovinestoria.blogspot.com/p/le-spade-di-damasco-misteri-del-medioevo.html>

# Metalli nativi

Rame, argento, calcite



Oro, rame, argento



Museo delle Scienze Naturali di  
Toronto, foto Maria Karwasz

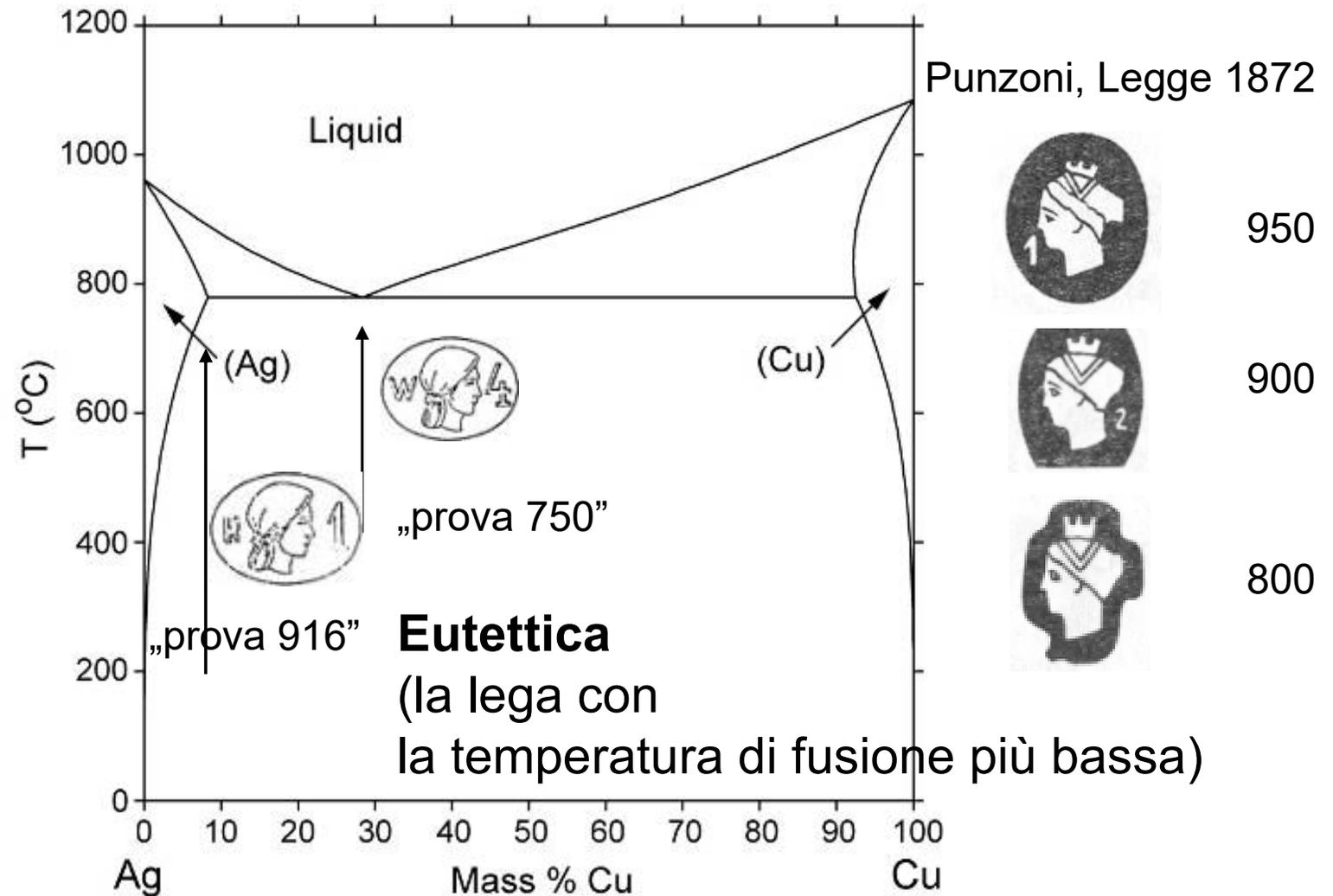
# L'oro rimane eterno: il tesoro di Priamo



prima metà del III millennio a.C.

<https://www.joya.life/blog/sorprendente-tesoro-del-priamo/>

# Lega: una miscela (solida) per migliorare le proprietà meccaniche e di lavorazione



# Età del bronzo 3300-1300 a.C.



<http://www.metallurgy.nist.gov/phase/solder/cusn.html>

[http://en.wikipedia.org/wiki/Bronze\\_Age](http://en.wikipedia.org/wiki/Bronze_Age)

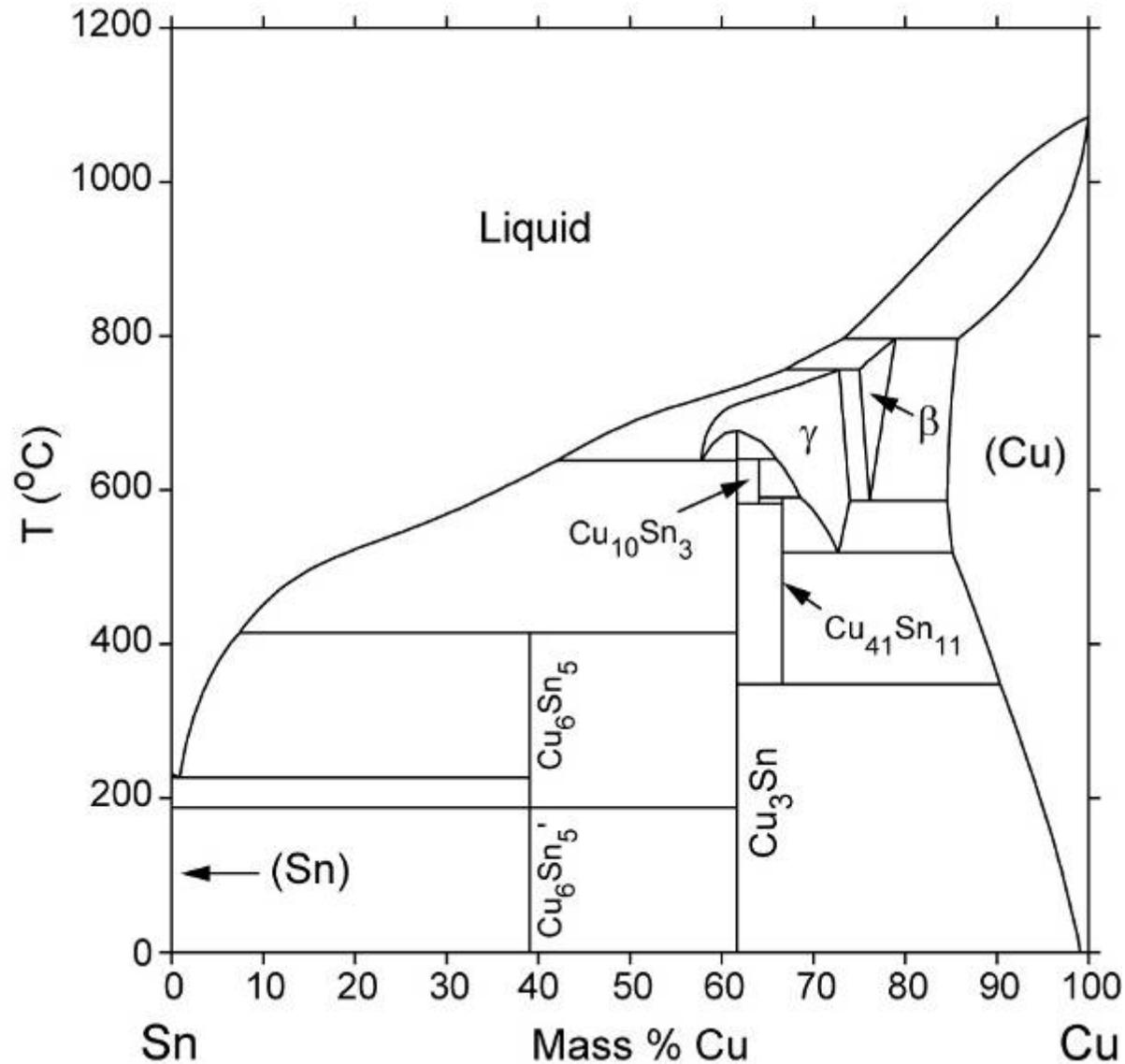
[http://www.coloradogem.com/images/3507\\_big.jpg](http://www.coloradogem.com/images/3507_big.jpg)

<http://webmineral.com/specimens/picshow.php?id=2469>

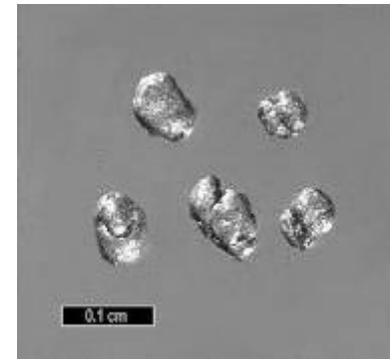
[http://it.wikipedia.org/wiki/File:Marek\\_Aureliusz\\_Kapitol.jpg](http://it.wikipedia.org/wiki/File:Marek_Aureliusz_Kapitol.jpg)

<http://www.exceptionalminerals.com/exceptionalroom6.htm>

# Età del bronzo (Cu:Sn)



Rame nativo, Michigan, USA



Stagno nativo, NSW Australia

# I bronzi venuti dal mare



Reggio Calabria, 24/07/2012,  
per gentile concessione



[https://it.wikipedia.org/wiki/Macchina\\_di\\_Anticitera](https://it.wikipedia.org/wiki/Macchina_di_Anticitera)  
Calcolatore astronomico 150-100 a.C.

What ? Price's Metonic geartrain

axis	rotations per year
b	1
c	$-\frac{64}{38} = -\frac{32}{19}$
d	$-\frac{32}{19}x - \frac{48}{24} = \frac{64}{19}$
e	$\frac{64}{19}x - \frac{127}{32} = -\frac{254}{19}$

(k) It essentially calculates the average of the position of the moon in the zodiac.  
19 years = 234 sidereal months

A diagram of a gear train mechanism with labeled gears and axes. The gears are labeled with letters and numbers: b2 (64), e2 (32), c1 (38), c2 (48), and d1. The diagram shows the arrangement of these gears and their interaction.

<https://www.youtube.com/watch?v=xWVA6TeUKYU>

# Leghe della zecca EU

## Monetine polacche:

- 1, 2, 5 gr -  $\text{Cu}_{59}\text{Zn}_{40}\text{Mn}_1$
- 10, 20, 50 gr i 1 zł -  $\text{Cu}_{75}\text{Ni}_{25}$
- 2 zł :  $\text{Cu}_{92}\text{Al}_6\text{Ni}_2$ - esterno,  $\text{Cu}_{75}\text{Ni}_{25}$ - interno

## Euro:

-  acciaio ricoperto con rame
-  20, 50 centesimi  $\text{Cu}_{89}\text{Al}_5\text{Zn}_5\text{Sn}_1$  (nordic gold)
-  interno:  $\text{Cu}_{75}\text{Ni}_{25}$  esterno  $\text{Cu}_{75}\text{Zn}_{20}\text{Ni}_5$

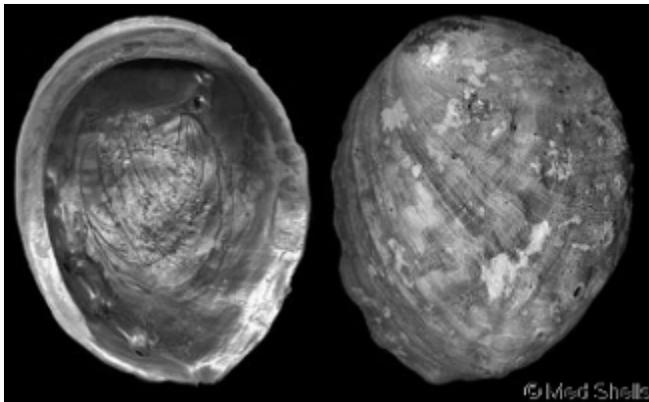
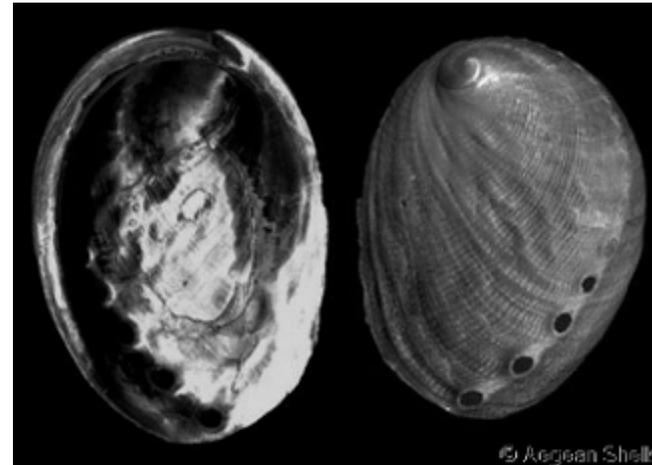
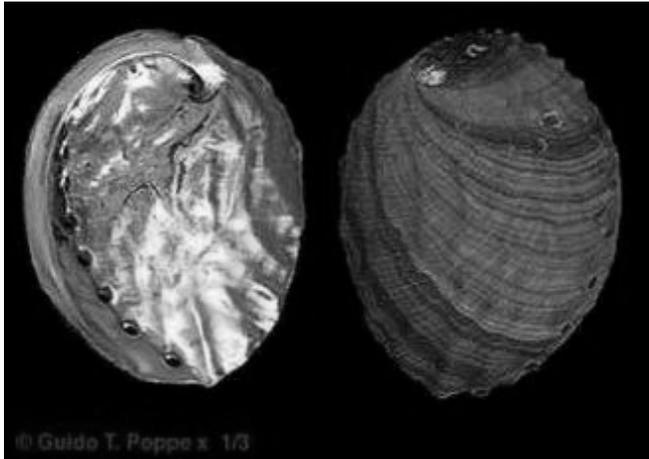
# Due mega-sbronzi



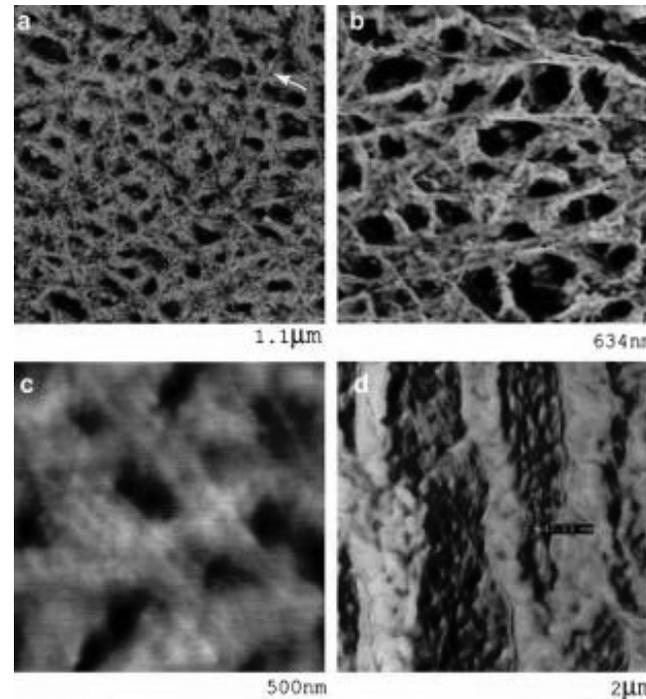
«Колокол цар» – non ha mai suonata

«Пушка цар» - non ho mai sparato

# L'ingegneria dei materiali: Red abalone



*Haliotis rufescens* ang. Red abalone  
Orecchia di mare — fino a 30 cm  
[http://www.gastropods.com/5/Shell\\_965.shtml](http://www.gastropods.com/5/Shell_965.shtml)



# *Haliotis rufescens*

Una complicatissima struttura, che somiglia a un muretto con rinforzi

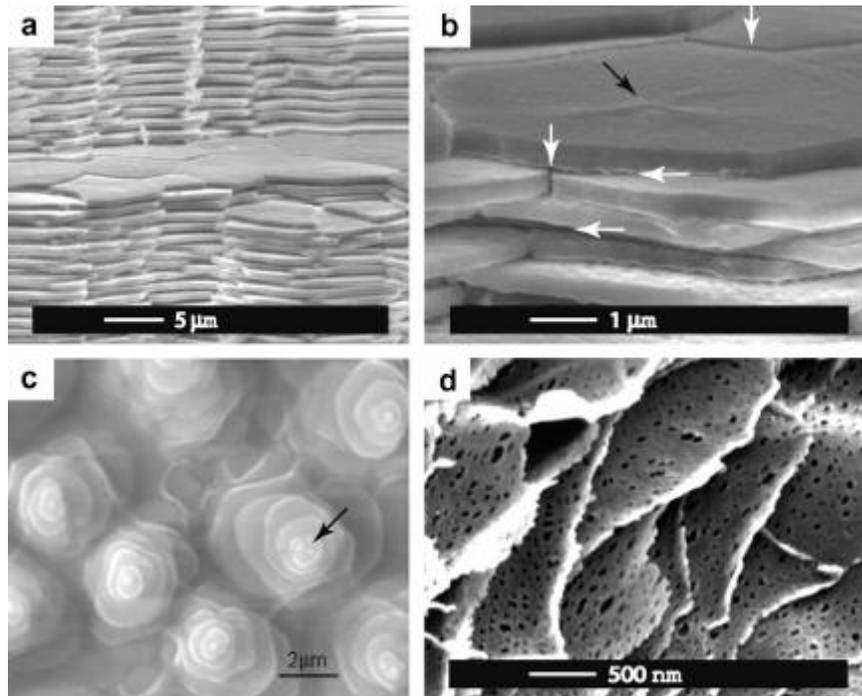


Fig. 1. (a and b) SEM images of fractured nacre from *H. rufescens* illustrating tiles on nearly parallel lamella. The "terrace" consisting of one interlamellar layer of nacre is shown at higher magnification in (b), where the black arrow points to a central region discussed below and referred to in Mutvei (1979). (c) Flat pearls grown on a glass slide inserted into the mantle of a live red abalone (described below). Note the "stack of coins" arrangement with a smaller tile (or tiles) nucleated at the top of each stack. (d) SEM image of a cross section of *H. rufescens* organic matrix, demineralized in EDTA, illustrating individual and apparently porous interlamellar layers

(a, b) La struttura lamellare del guscio, fatta dalle 'tegole' di madre perla.

(c) La parte interna è un mosaico di quasi-perle: pile di lamiere

(d) La matrice organica costituisce una rete, tipo filamenti di vetro in 'vetro-resina'

Jiddu Bezaresa, Robert J. Asaro, and Marilyn Hawley

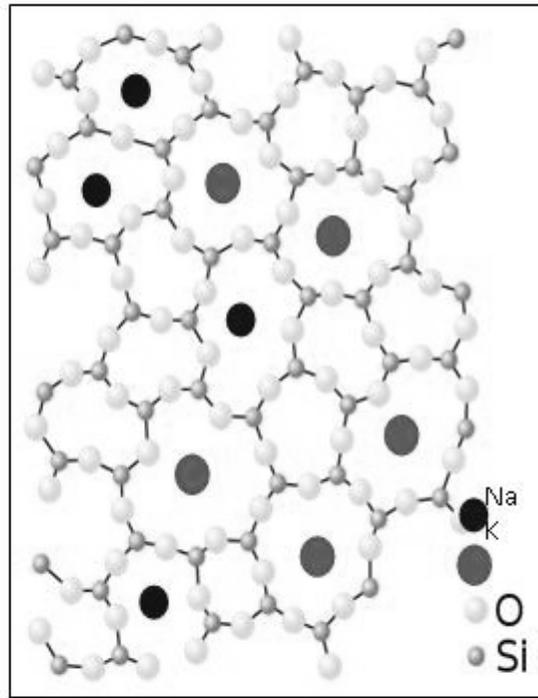
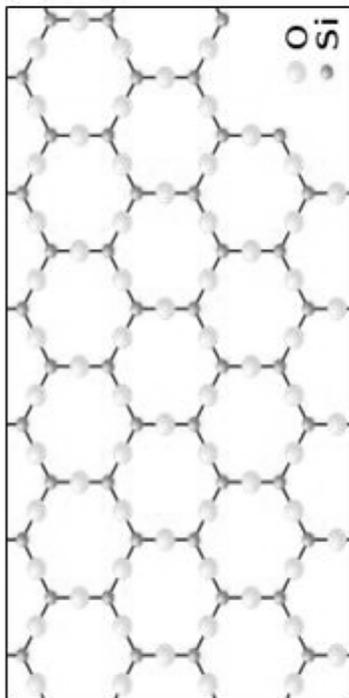
a Department of Structural Engineering, University of California, San Diego, CA 92093, USA  
b Materials Science and Technology Division, Los Alamos National Lab., Los Alamos, NM 87545, USA

**Journal of Structural Biology**

**Volume 163, Issue 1, July 2008, Pages 61-75**

# Il vetro – un solido o un liquido molto raffreddato?

La sabbia fusa con un po' di cenere



Il reticolo di SiO<sub>2</sub> 'gonfiato' dalla presenza di atomi 'ingombranti': Na e K

Una vetrata medioevale:  
Hotel de Cluny, Paris (foto MK)

# Il vetro di Murano



<https://www.theitaliantouch.org/it/volume3/miti/miti-e-status-symbol/il-vetro-di-murano/>  
<https://it.latuaitalia.ru/made-in-italy/il-vetro-artistico-di-murano/>  
<https://vitrumlife.it/vetro-di-murano-un-patrimonio-che-rischia-la-scomparsa/>

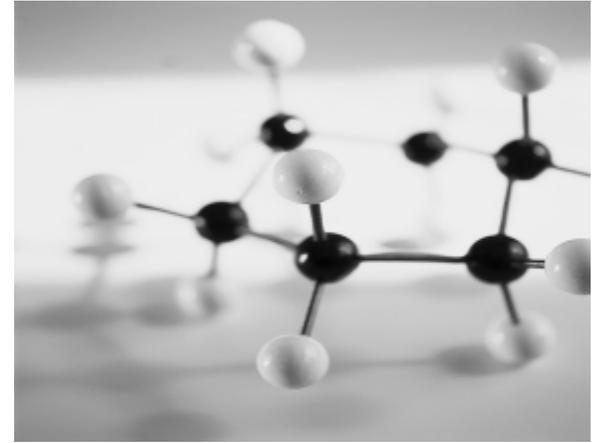
# Belvedere im Schlossgarten Charlottenburg



Vedi anche: [https://it.wikipedia.org/wiki/Porcellana\\_di\\_Meissen](https://it.wikipedia.org/wiki/Porcellana_di_Meissen)

# Polimeri, compositi

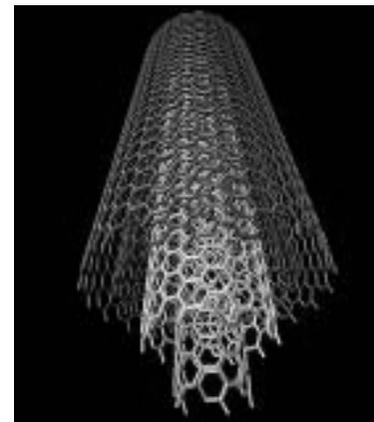
- 1) Singolo componente (termoindurenti)
- 2) Chemoindurenti (resine)



Compositi  
(fibra + resina)



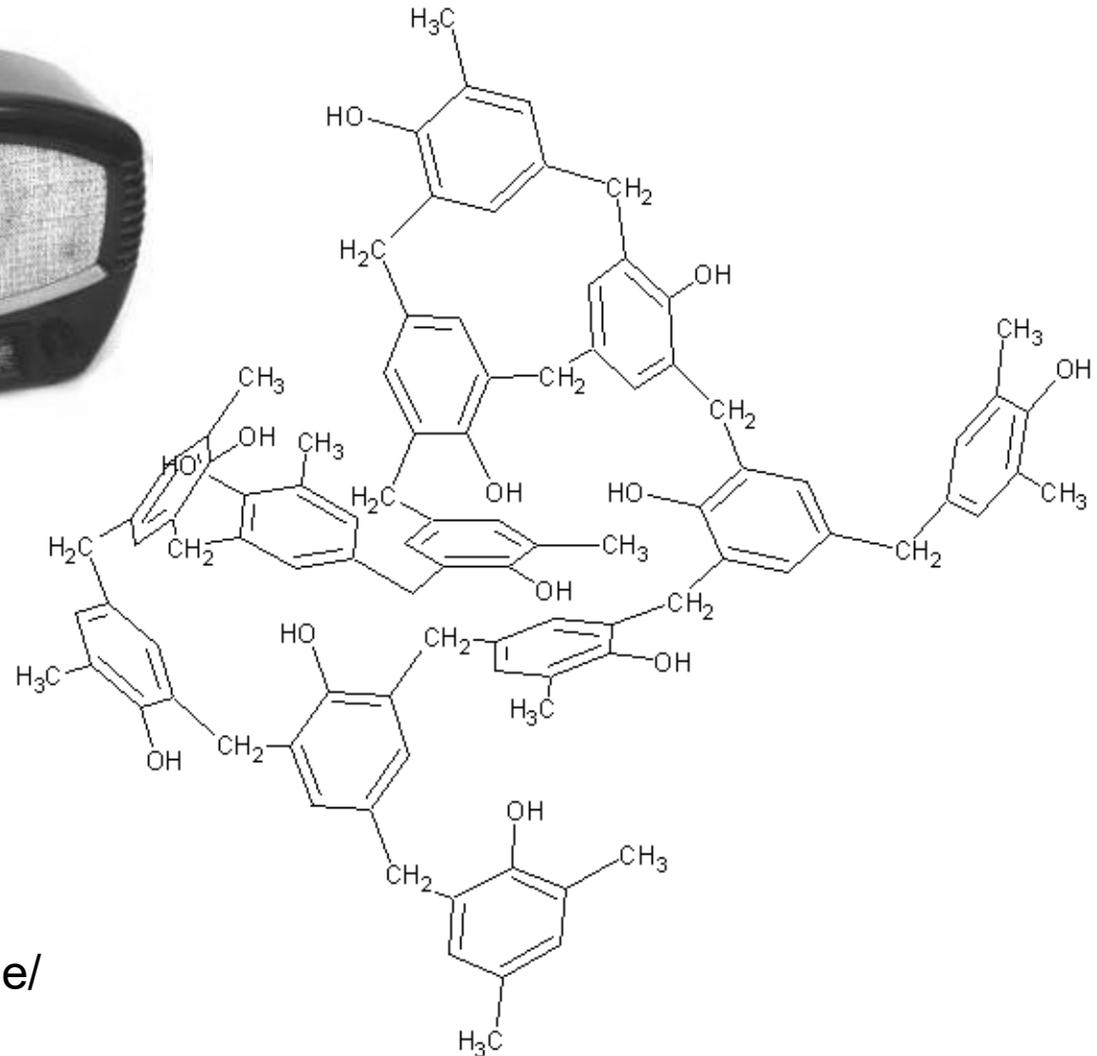
Nanopolimery





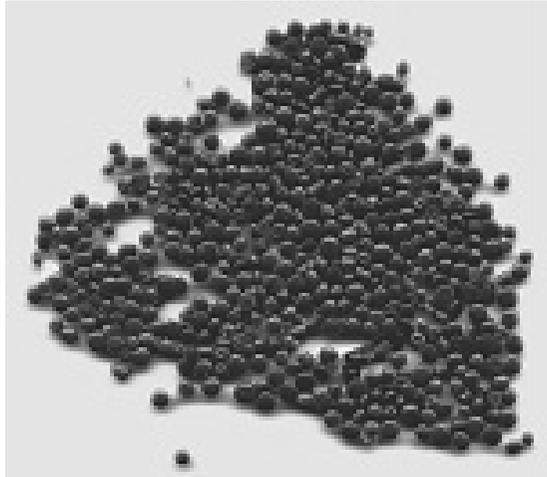
# Bakelite

bakelite (1907) = fenolo + aldeide formico



<http://www.bakelitemuseum.de/>

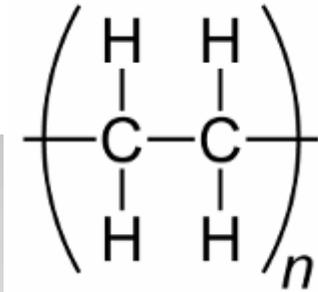
# Polietylene (PE)



[http://www.primus.com.pl/gim/galeria/udir\\_1/konkursstrony/2008strony/3/polietylen.jpg](http://www.primus.com.pl/gim/galeria/udir_1/konkursstrony/2008strony/3/polietylen.jpg)

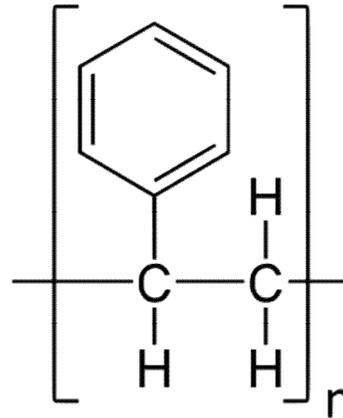


<http://www.nt.if.pwr.wroc.pl/kwazar/materia/146187/polietylen.jpg>



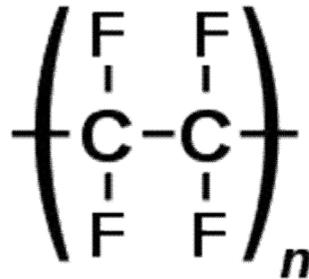
- PE è un materiale con la formula chimica più semplice in assoluto
- Tuttavia, le catene chimiche si possono legare a vicenda via le forze più deboli (cosiddette van der Waals)
- È la 'plastica' più diffusa come sacchetti per alimenti
- Per sé non è biodegradabile

# Polistirene - PS



- Contiene un gruppo 'aromatico' – la forma leggera (schiuma) ha un profumo caratteristico
- Bello trasparente, ma più fragile del polipropilene
- Buon isolatore elettrico, anche per forni a microonde
- Nella forma 'gonfiata' usato come isolante (esterno) delle case
- Brucia producendo la fuliggine, fumo asfissiante
- Usato per interni di frigoriferi, forni a microonde, contenitori, giocattoli, custodie CD etc.

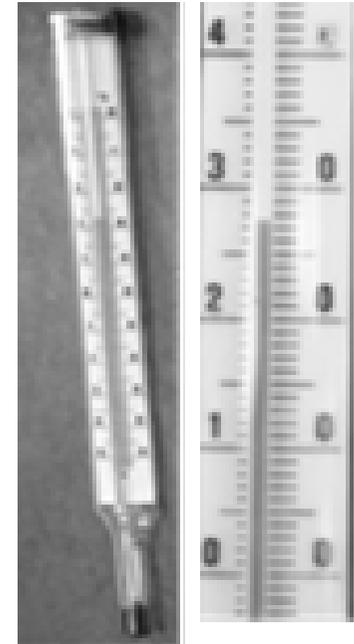
# Politetrafluorene - PTFE



- Nome commerciale teflon
- Primi impieghi per scopi militari (Progetto «Manhattan» e voli spaziali): non infiammabile, resistente ad alte temperature, non diventa fragile alle temperature basse, estremamente resistente agli agenti chimici – praticamente non si scioglie
- ‘È inoltre il materiale con il coefficiente di attrito più basso conosciuto’ [wiki]
- Rivestimenti antiadesivi, sigilli, membrane delle pompe etc.

# Liquidi

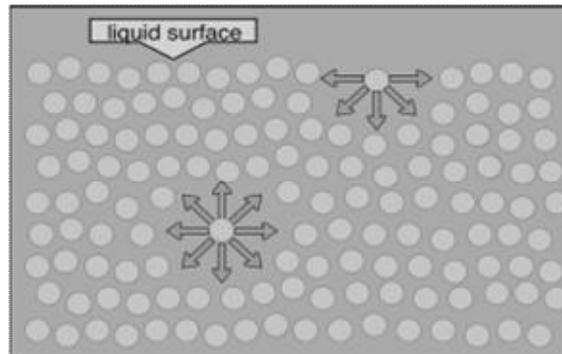
- Non hanno la forma ma mantengono un volume ben definito



# Acqua: „tensione” superficiale

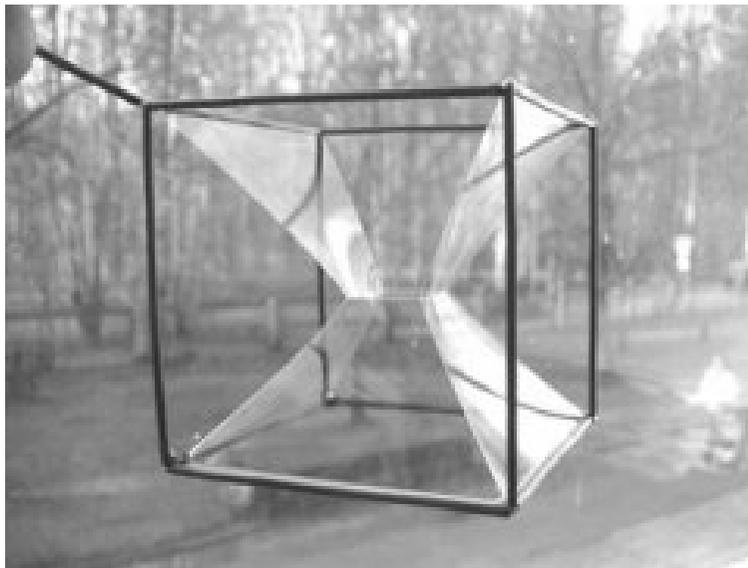


Sao Paolo, Hotel Sheraton (GK)  
Australia, Wologobong Lagoon  
Foto: Maria Karwasz



# L'aggiunta del sapone

- abbassa la tensione superficiale, che permette di „stirare” la goccia di acqua in uno strato sottile (spessore  $<1\mu\text{m}$ )



<http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki1/files/termo/banka1.jpg>

# Jak biegają nartniki?

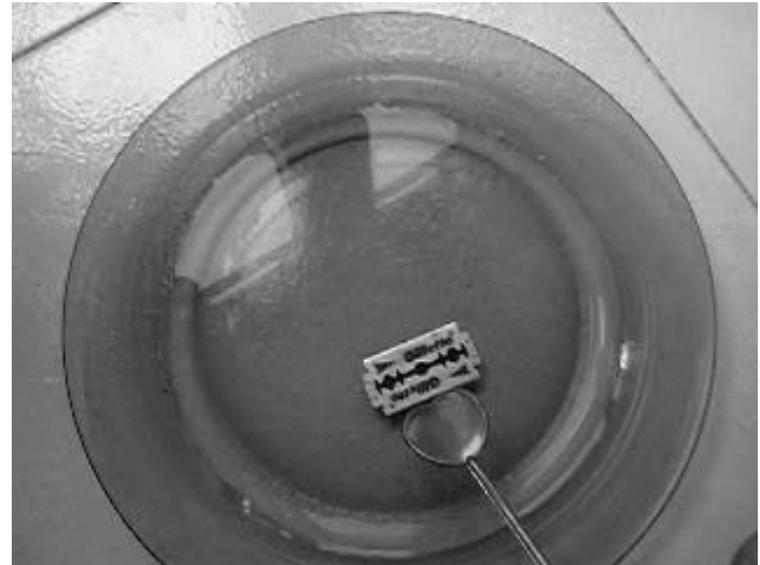
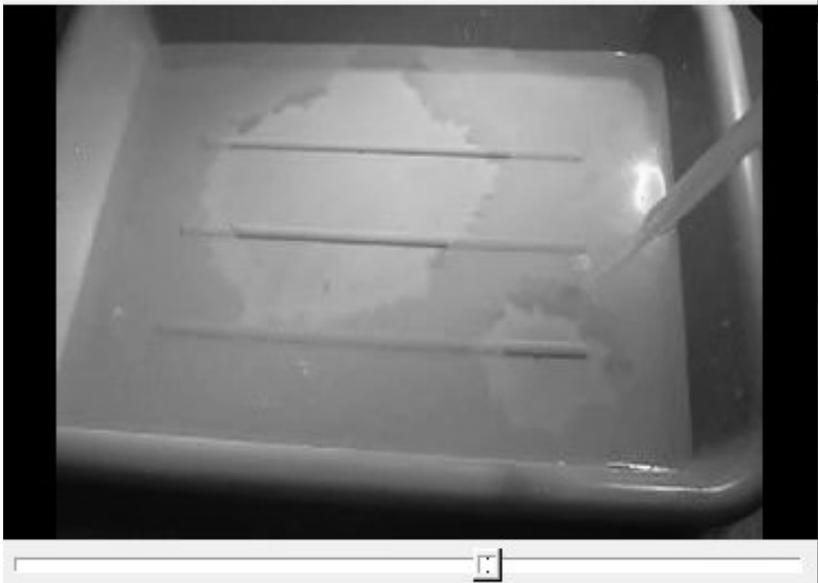


Australia, film Maria Karwasz

Aby nie utonąć korzystają, oczywiście, z istnienia błony powierzchniowej.  
Ale to nie wystarcza, aby biegać.  
Nartniki potrafią, wytwarzając odpowiednie wiry, „odpychać” się na błonie.

# Come misurare le dimensioni dell'atomo?

- Esperimento di Jean Perrin
- Bacchetta in plastica, elettrizzata per strofinio, sembra di respingere la lama (ma in realta' attira la superficie d'acqua)

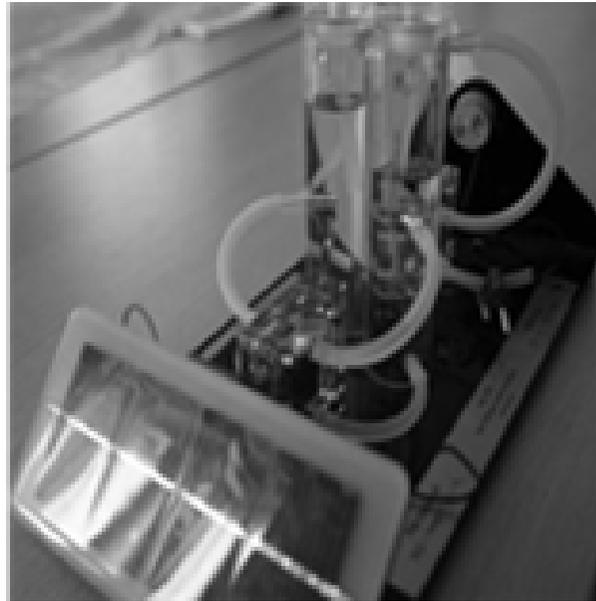
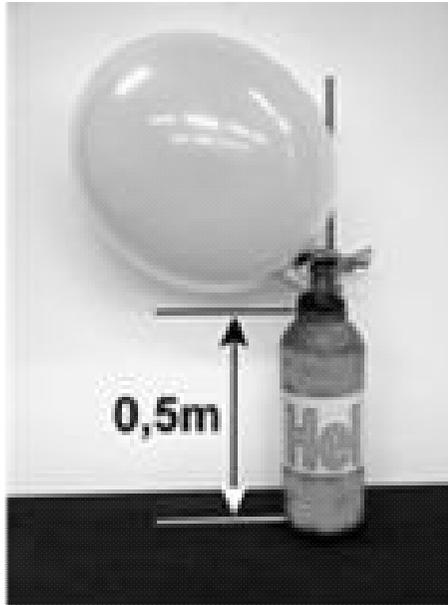


[http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Wystawy\\_archiwum/z\\_omegi/dscn1561.mov](http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Wystawy_archiwum/z_omegi/dscn1561.mov)

[http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Pokazy\\_2012/filmy/atom2.flv](http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Pokazy_2012/filmy/atom2.flv)

# I gas

- Non hanno ne forma ne volume
- Cioe' tentanto sempre di espandersi



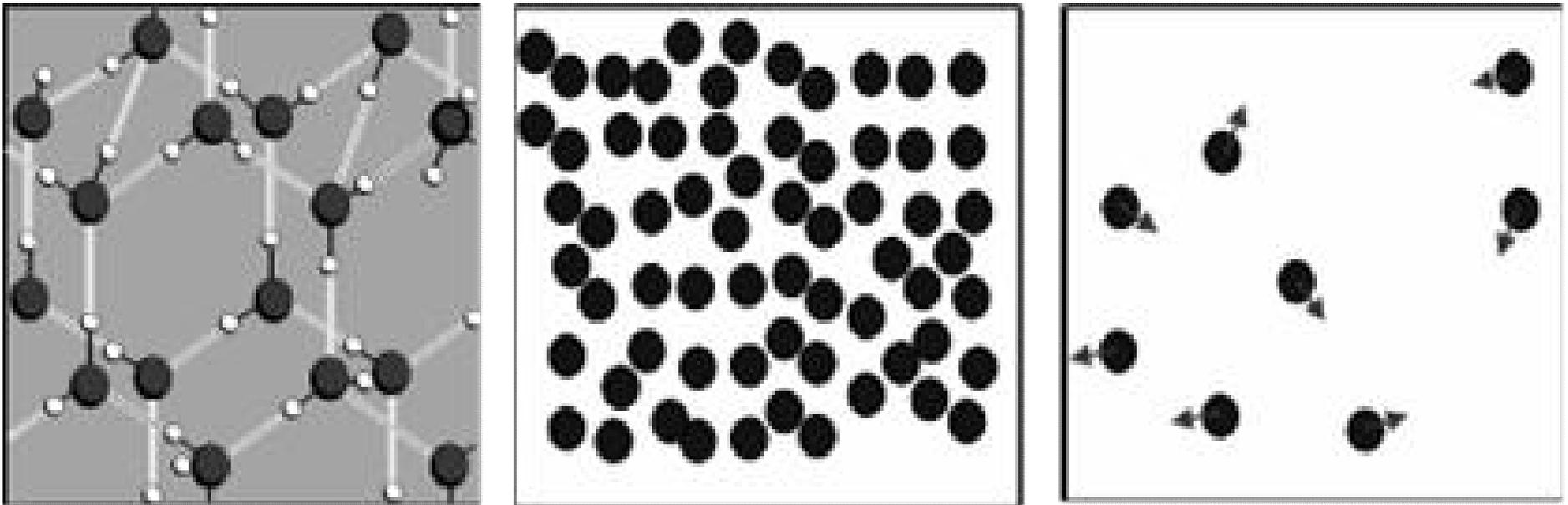
# I gas hanno loro peso e il volume

- I filosofi Greci (Empedocle, citato da Aristotele) chiamavano questo stato *aria*, αέρας



Balon aerostatyczny

# Atomi in diversi stati di condensazione



Stato solido: posizioni (e distanze) di atomi ben definite

Stato liquido: distanze vicine, posizioni in continuo variare

Stato gassoso: atomi in costanti collisioni, tentano di „andarsene”

# Cambiamenti di „fase” (di stato)



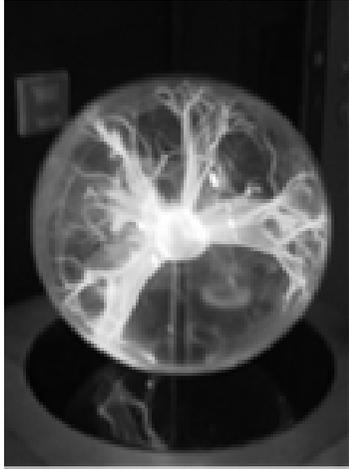
Ghiaccio su fiume Vistola a Torun



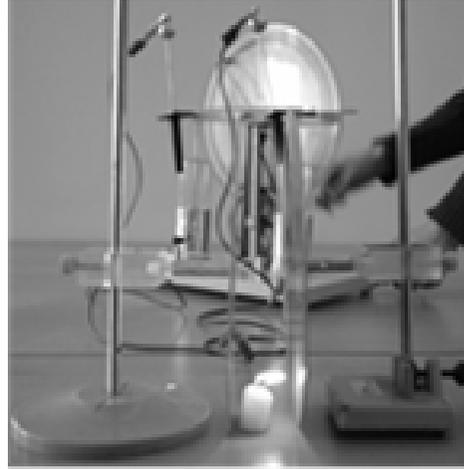
Pentola nella cucina di Maria

Evaporazione, condensazione, disgelo, ~~sublimazione~~

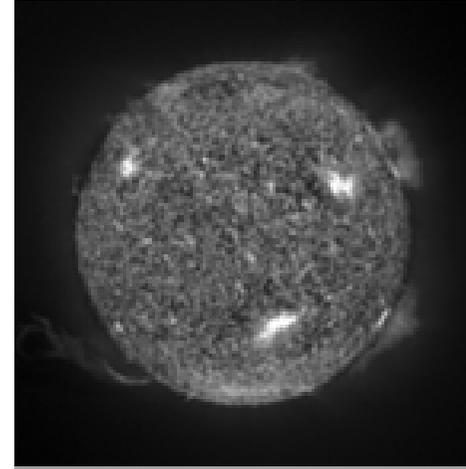
Plasma: gas molto caldo, che conduce la corrente elettrica  
(atomi, che hanno perso elettroni)



Sfera di plasma



Fiamma di una candela



Il Sole

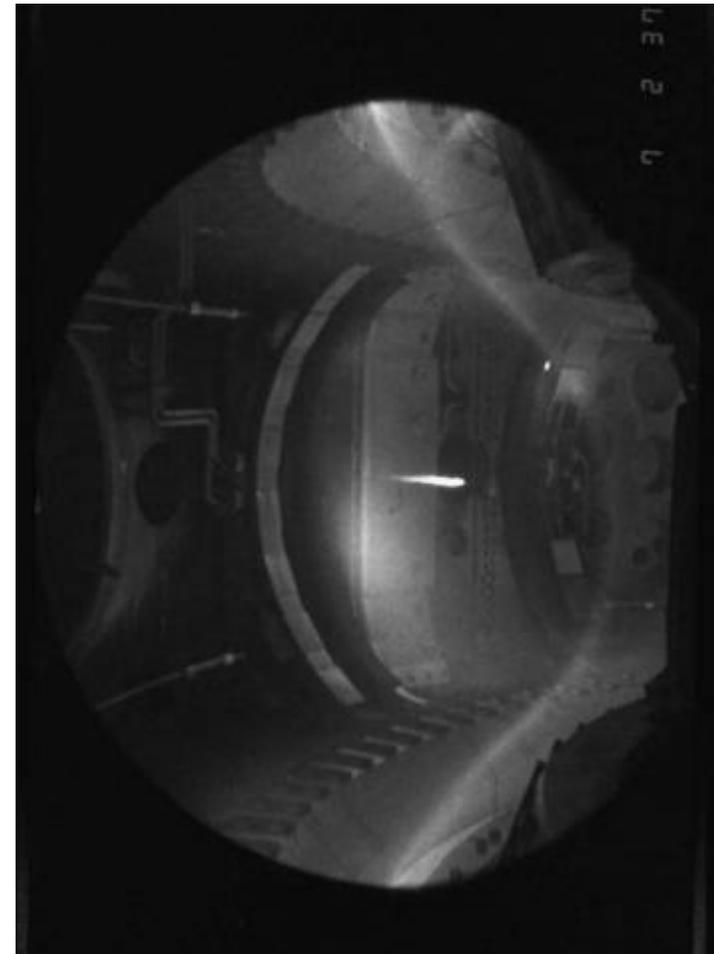
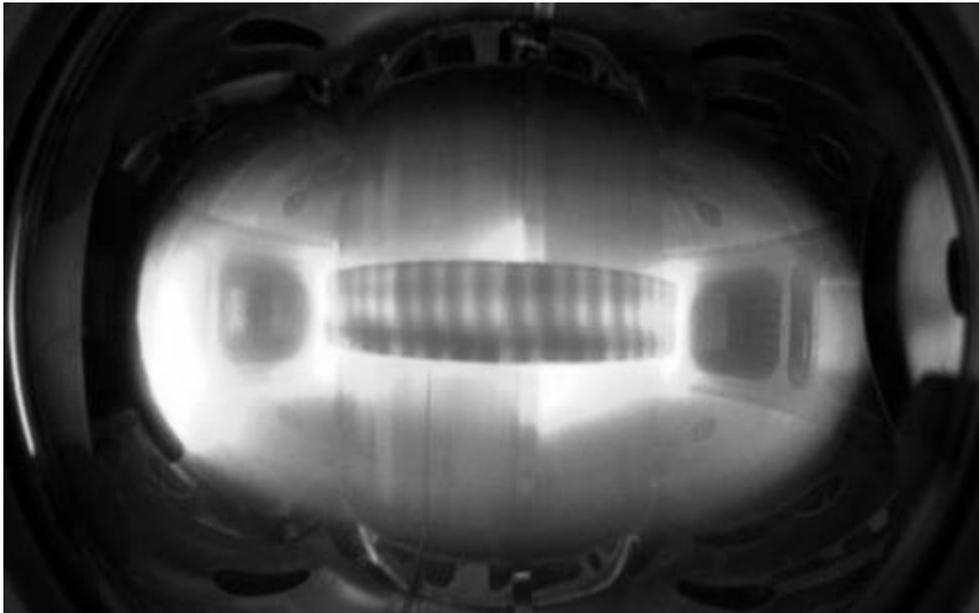
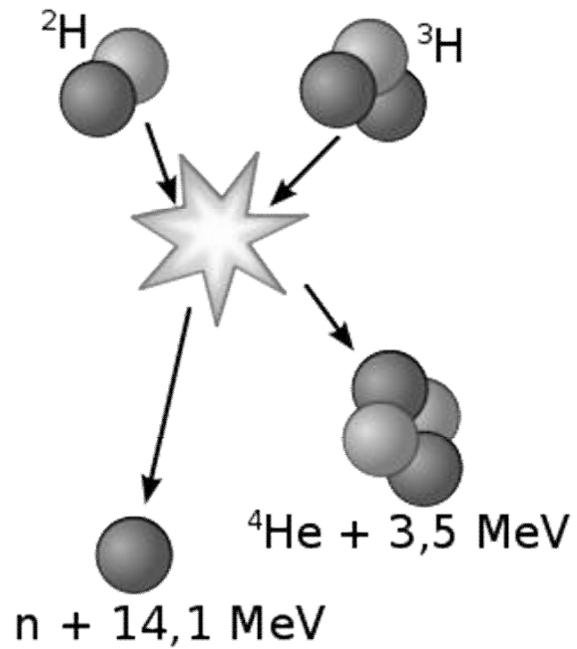


Aurora boreale

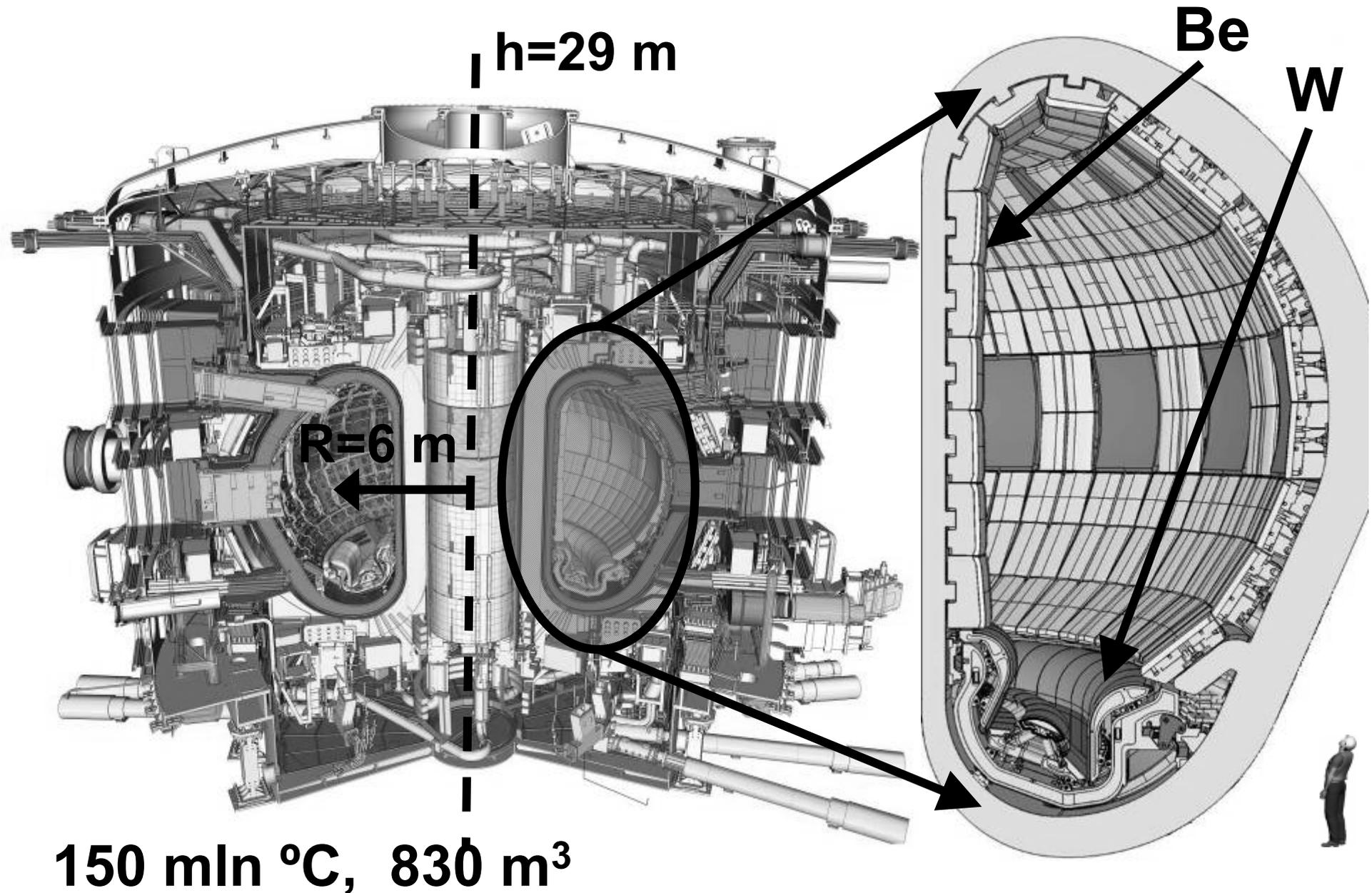
# Syntesi termonucleare

1GWy: 2,7 mln t di carbone  
oppure 250 kg  $^2\text{H} + ^3\text{H}$

**150 mln °C**



# ITER Tokamak



# Schede di lavoro

## 6. La scienza dei materiali (scuola media)

Ricordi la storia del re Mida? Qualsiasi oggetto toccasse diventava oro. Proviamo a giocare per un giorno al re Anti-Mida. Per un giorno intero, leggi, per favore, le etichette degli oggetti e dei prodotti che prendi in mano: cibi, confezioni, monete, penne, libri etc. Prova ed indentificare:

i) di che cosa sono fatti, oppure

ii) che cosa contengono (tipo 'colorante E302'), oppure

iii) che procedimenti 'ecologici' (ad esempio il certificato dei grassi usati) caratterizzano questi oggetti.

➤ Fai un elenco delle sigle trovate.

Il gioco 'Anti-Mida' deve durare non più di un giorno: tieni sottomano un pezzo di carta per segnare la sigla sconosciuta, piuttosto che fotografare con il telefonino: risparmi tempo.

➤ Per cinque sigle trovate vai su Internet a cercare spiegazioni.

➤ Per la ricerca delle spiegazioni su Internet metti su un orologio un limite di 10 minuti per ogni materiale cha hai scelto. Puoi tornare al gioco in seguito, ma intanto diventi esperto già di qualche sigla.

➤ Se riesci, porta in classe i materiali trovati (piccoli pezzi di ferro, magari minerali, etichette di cibi). Non portare in classe i gioielli della bisnonna: fai la foto delle descrizioni se ne trovi.

# Schede di lavoro

La ricchezza della scienza di materiali sta in fatto, che ogni materiale ha proprietà diverse: certi sono magnetici (ferro battuto), certi sono buoni conduttori di elettricità (il rame, l'oro ancora meglio – per questo i collegamenti interni del computer vengono dorati sulla superficie), certi conducono bene (il marmo) o male (il gesso) il calore, certi metalli sono elastici (l'acciaio) altri si fondono bene (la ghisa, il bronzo).

- Prendi una monetina da 5 centesimi: dal colore sembra rame, vero? Controlla (usando per esempio un magnete che la mamma ha attaccato al frigorifero) se la monetina è magnetica: infatti dentro è fatta di ferro.
- Controlla altre monetine (10 centesimi, i centesimi americani, sterline etc.) se sono magnetiche. Se risultano magnetiche, non significa che sono fatte di ferro: anche il nichel è magnetico.



- (a) Se hai un magnete forte (e un po' di pazienza), prova di fare un albero usando gli eurocent.
- (b) L'uranio somiglia a tanti altri metalli (e non è neanche molto radioattivo) – è solo molto pesantissimo: controlla su internet la densità specifica del piombo, l'oro e l'uranio.
- (c) Il certificato del contenuto d'oro in questo anello si vede appena, appena.



**LV RAIBA KRĀSU SPĒLE - 3 OLU KRAŠĀ (Dzeltena - Sarkana - Zila)**  
 Viegli un ātri. **Saturs:** 15 ml (3 krāsas pa 5 ml). **Sastāvdaļas:** Ūdens, Skābuma regulētājs: E 270 Pienskābe, E 524 Nātrija hidroksīds; Krāsvielas: E 122 Azorubīns, E 104 Hinolīna dzeltenais, E 131 Patentzilais V, E 110 oranždzeltenais S, E 151 Brīlanta melnais PN; Konservants: E 200 Sorbīnskābe; Glikozes sirups, Biezinātājs: E 415 Ksantāna sveķi, E 410 Ceratoniju augļu sveķi. Lietošanas pamācība iekšpusē.

**LT MARGŲ SPALVŲ ŽAISMAS - 3-IŲ SPALVŲ DAŽAI KIAUŠINIAMS (Geltona - Raudona - Mėlyna)**  
 Paprasta ir lengva naudoti. **Turinys:** 15 ml (3 dažai po 5 ml). **Ingredientai:** Vanduo, Rūgštingumą reguliuojanti medžiaga: E 270 Pieno rūgštis, E 524 Natrio hidroksidas; Dažiklis: E 122 Azorubinas, E 104 Chinolino geltonasis, E 131 Patentuotas mėlynasis V, E 110 apelsinų geltonasis S, E 151 Brilliantinis juodasis PN; Konservantas: E 200 Sorbo rūgštis; Gliukozės sirupas, Tirštiklis: E 415 Ksantano derva, E 410 Saldžiųjų ceratonijų derva. Naudojimo instrukcija viduje.

**CZ PESTROBAREVNÁ HRA - 3 BAREV NA VEJCE (Žlutá - Červená - Modrá)**  
 Hravě a rychle. **Obsah:** 15 ml (3 barev po 5 ml). **Složení:** Voda, Regulátor kyselosti: E 270 Kyselina mléčná, E 524 Hydroxid sodný; Barvivo: E 122 Azorubin, E 104 Chinolinová žluť, E 131 Patentní modř V, E 110 žlutá SY, E 151 Brilantní černá PN; Konzervant: E 200 Kyselina sorbová; Glukózo-fruktózoový sirup, Zahušťovadlo: E 415 Xanthan, E 410 Karubin. Návod k použití přiložen.

**SK PESTRÁ HRA FARBIEB - 3 FARBIEB NA VAJCIA (Žltá - Červená - Modrá)**  
 Hravo a rýchlo. **Obsah:** 15 ml (3 farieb po 5 ml). **Prísady:** Voda, Regulátor kyslosti: E 270 Kyselina mliečna, E 524 Hydroxid sodný; Farbivo: E 122 Azorubín, E 104 Chinolinová žltá, E 131 Patentná modrá V, E 110 Pomarančovožltá S, E 151 Brilantná čierna PN; Konzervačná látka: E 200 Kyselina sorbová; Glukózový sirup, Zahušťovadlo: E 415 Xantánová guma, E 410 Karobová guma. Návod na použitie priložený.

I coloranti sono nell'UE 'codificati' con strane sigle. Qui riportiamo il contenuto di pigmenti per le uova di Pasqua, di produzione tedesca, ma le descrizioni sono in tutt'altre lingue. Magari 'lo zio google' riesce ad aiutarvi?



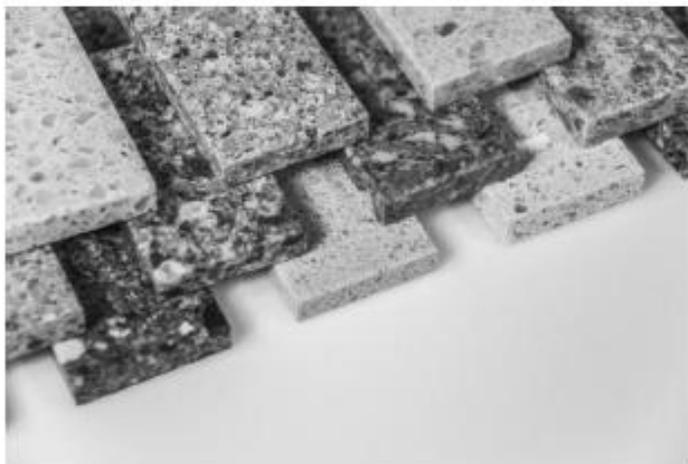
(a) Il contenitore per i medicinali dovrebbe essere fatto di polipropilene; questo è fatto di polietilene di alta densità, cioè di polietilene con le catene polimeriche corte. (b, c) Le 'plastiche', i.e. i polimeri, quando invecchiano perdono l'elasticità: in mezzo un sechiello per pomodori in polipropilene, già con le crepe; a destra - la scarpa con la suola disintegrata.

1. Preparati una borsa a tracolla, una merendina e una borraccia con dell'acqua: si parte!
2. Guarda attentamente i sassi che trovi per strada: meglio se in campagna: i sassi lungo il ciglio della strada, di solito, non sono del tuo posto ma portati dai costruttori di questa strada.
3. Raccogli non più di dieci sassi, possibilmente di colori diversi. I pezzi non devono essere grandi (per non pesare troppo). Se hai già superato dieci pezzi, controlla nella borsa se per caso non ne hai due uguali. Si torna a casa.

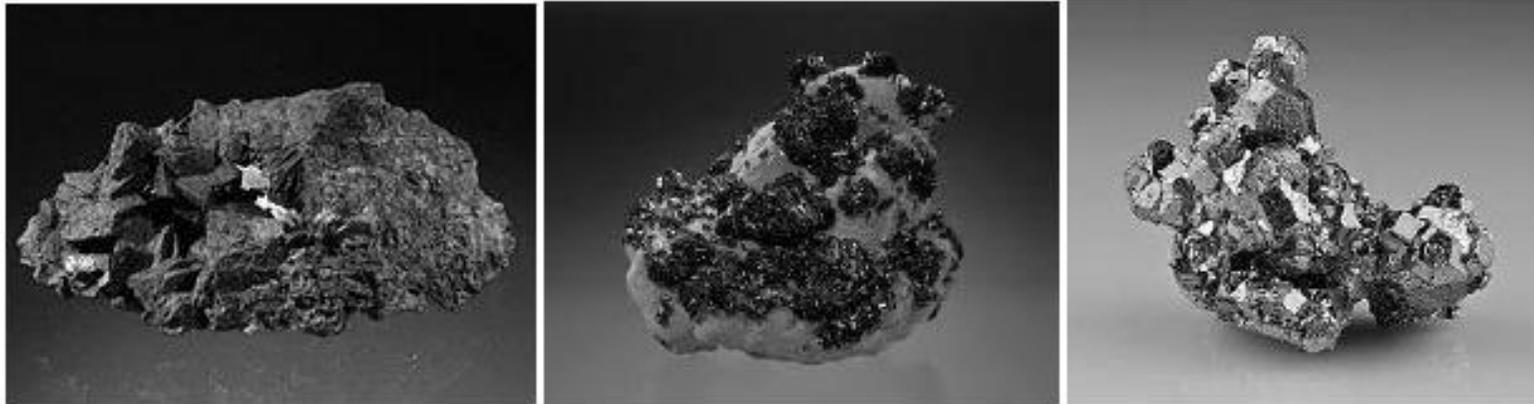
## Una gita fuori porta

A casa, in cucina, stendi della carta cucina sul tavolo e metti i sassi lì. Prima controlla quali sassi hanno dei bei cristalli, sono quasi sicuramente graniti\*. Prova ad identificare i cristalli.

Se ci sono dei cristalli bianchi, probabilmente saranno più duri: prova se si riesce a graffiarli con una forchetta (in metallo). Se non si graffiano o addirittura sul cristallo rimane la traccia del metallo, quasi sicuramente è quarzo. Tante spiagge sono fatte di piccoli granelli di quarzo. Se il tuo granito avesse anche dei cristalli neri, questi dovrebbero essere più morbidi della forchetta.



Se i cristalli delle rocce sono grandi (e separati) – vengono chiamati “minerali”. I minerali servono per ottenere, per esempio, i metalli. Qui sotto mostriamo tre minerali: l’azzurrite, l’ematite e la blenda, da cui si può ottenere il rame, il ferro, o il piombo.



Siderite (minerale di ferro), azzurrite (rame) e blenda di piombo.

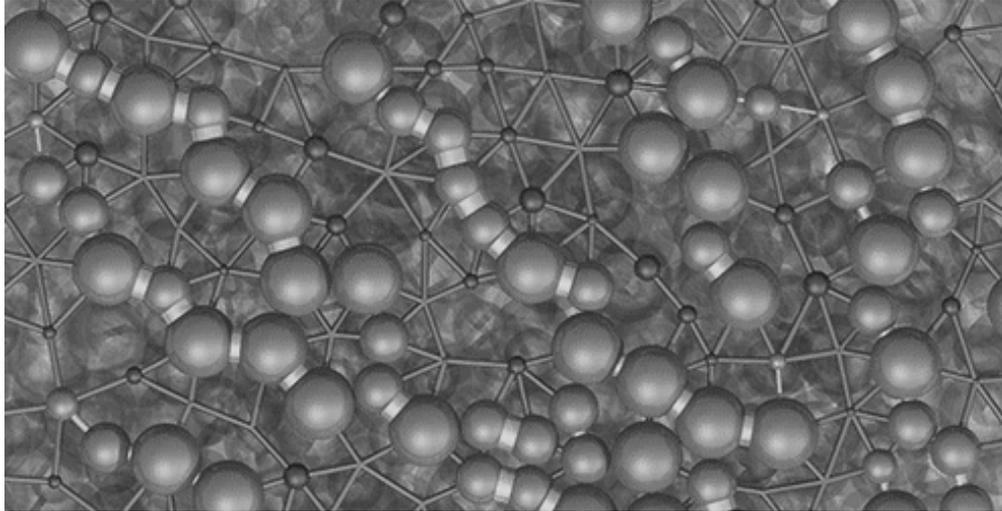
I minerali particolarmente belli vengono usati per i gioielli. I diamanti sono i più duri e, per questo, i più costosi. Sono trasparenti ma mostrano diversi colori sui loro bordi. Le gemme di colore rosa scuro, blu scuro e verde marino si chiamano: rubino, topazio, smeraldo. Anche esse sono molto care.



Il rubino, lo smeraldo e lo zaffiro sono “pietre preziose”. Il più caro è il diamante: stranamente è una forma di carbonio.

# Appendice: Come preparare una torta?

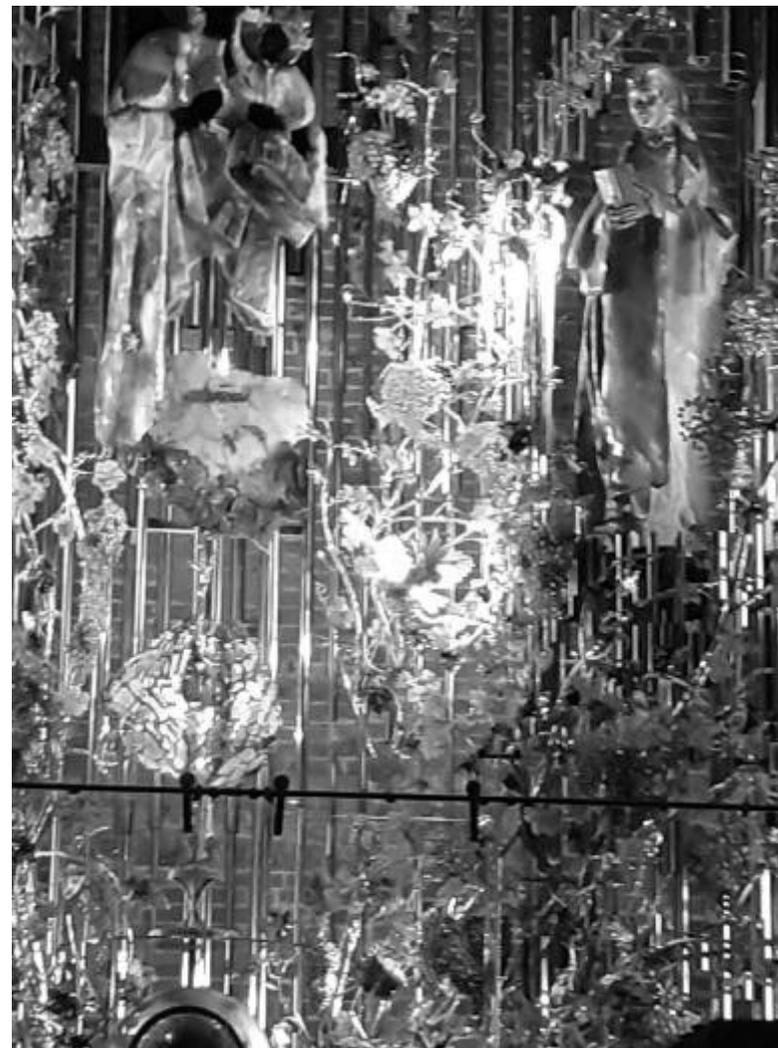
La mamma dice, che bisogna girare sempre in una direzione.  
E che cose dice la fisica moderna?



L'impasto ben preparato forma una *emulsione* , cioè' una miscela d'acqua con grasso, che forma lunghe catene. Cambiamento della direzione di mescolare provoca la rottura di queste catene

when the stirring direction is reversed, particles are pulled out of contact with each other  
<http://physics.aps.org/synopsis-for/10.1103/PhysRevLett.115.228304>

# Infiniti altri materiali



Altare in ambra, Chiesa S. Brigida, Danzica, foto Maria Karwasz