

La scienza dei materiali

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

Grzegorz Karwasz

Insegnare STEAM in chiave interdisciplinare

Lezione 6

Ceramica, vetro

Cofanetto da toeletta di Merit

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

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



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?

La cattedrale di Berlino



Cattedrale di Danzica (*1343)



Chiesa di S.S. Maria a Cracovia



Altare di Vitt Stoss (Witt Stwosz 1477-86)

<http://www.garnek.pl/pagaj/15866763/kosciol-mariacki-oltarz-wita>

<http://krakow-przewodnik.com.pl/wokol-rynku/kosciol-mariacki/>

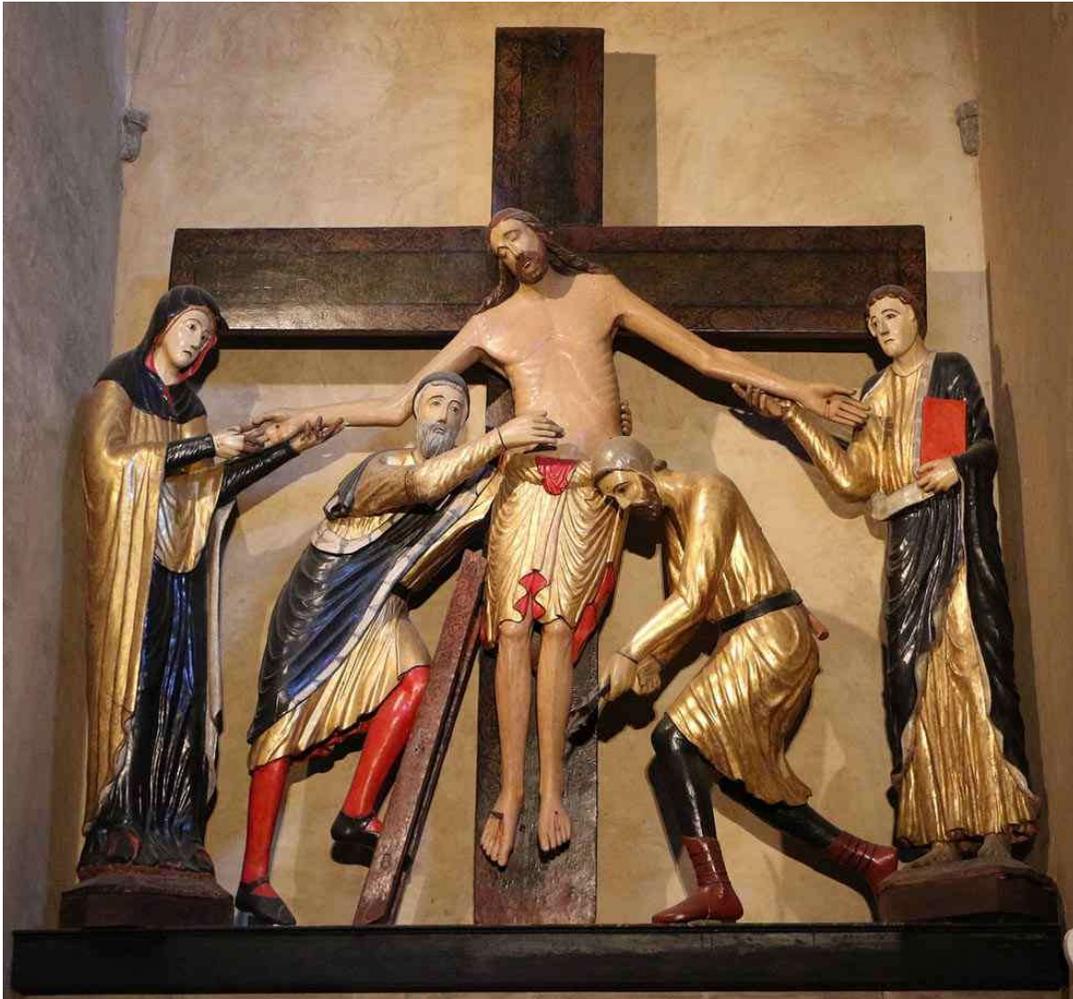
Cattedrale Bamberga (1002)



https://en.wikipedia.org/wiki/Bamberg_Cathedral

<https://susiripa.blogspot.com/2014/01/bamberg-alemania.html>

Volterra, Gdansk



<https://www.museionline.info/tipologie-museo/cattedrale-di-santa-maria-assunta-volterra> (1228)

Il trucco nell'antico Egitto tra seduzione e protezione

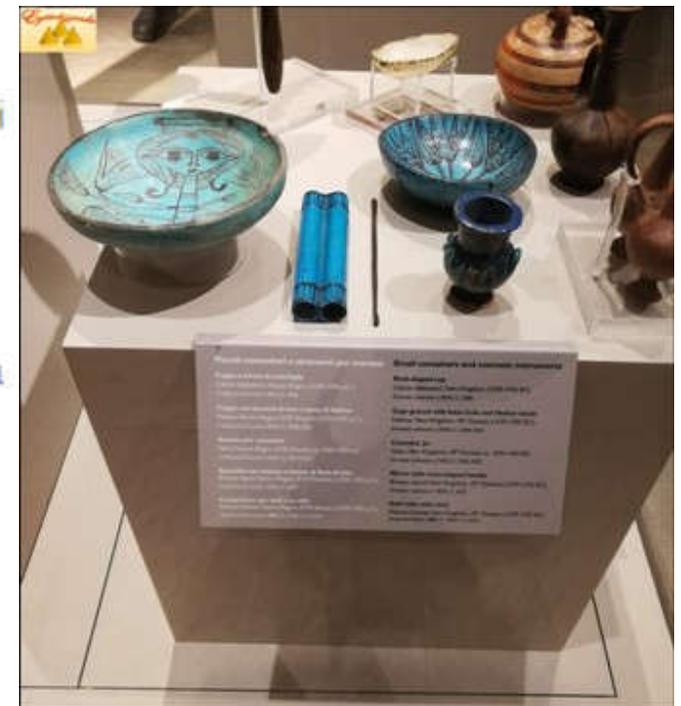
Sorprende molto però scoprire che anche tra i popoli antichi erano diffusi diversi rituali estetici per esaltare la bellezza del corpo, cercando così di aumentare il proprio fascino. Ogni donna egizia, quindi, aveva un proprio **cofanetto**, che avrebbe portato anche nell'aldilà, nel quale conservava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



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>

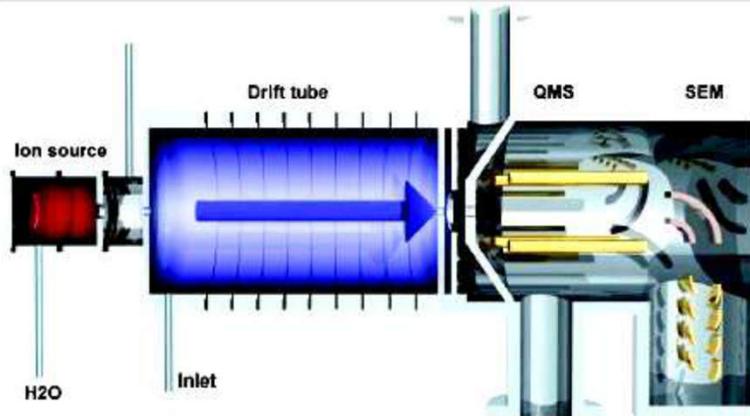
Acetato di rame è velenoso!

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)

«Spettroscopia di massa»

In particolare, l'esame dei reperti è stato eseguito con uno spettrometro di massa SIFT-MS (Selected Ion Flow Tube-Mass Spectrometry) trasportabile, un macchinario che solitamente è impiegato in ambito medico per quantificare i metaboliti del respiro o per determinare inquinanti ambientali, e che solo recentemente ha dimostrato la sua utilità anche nel campo dei beni culturali per eseguire indagini preservando l'integrità dei reperti.

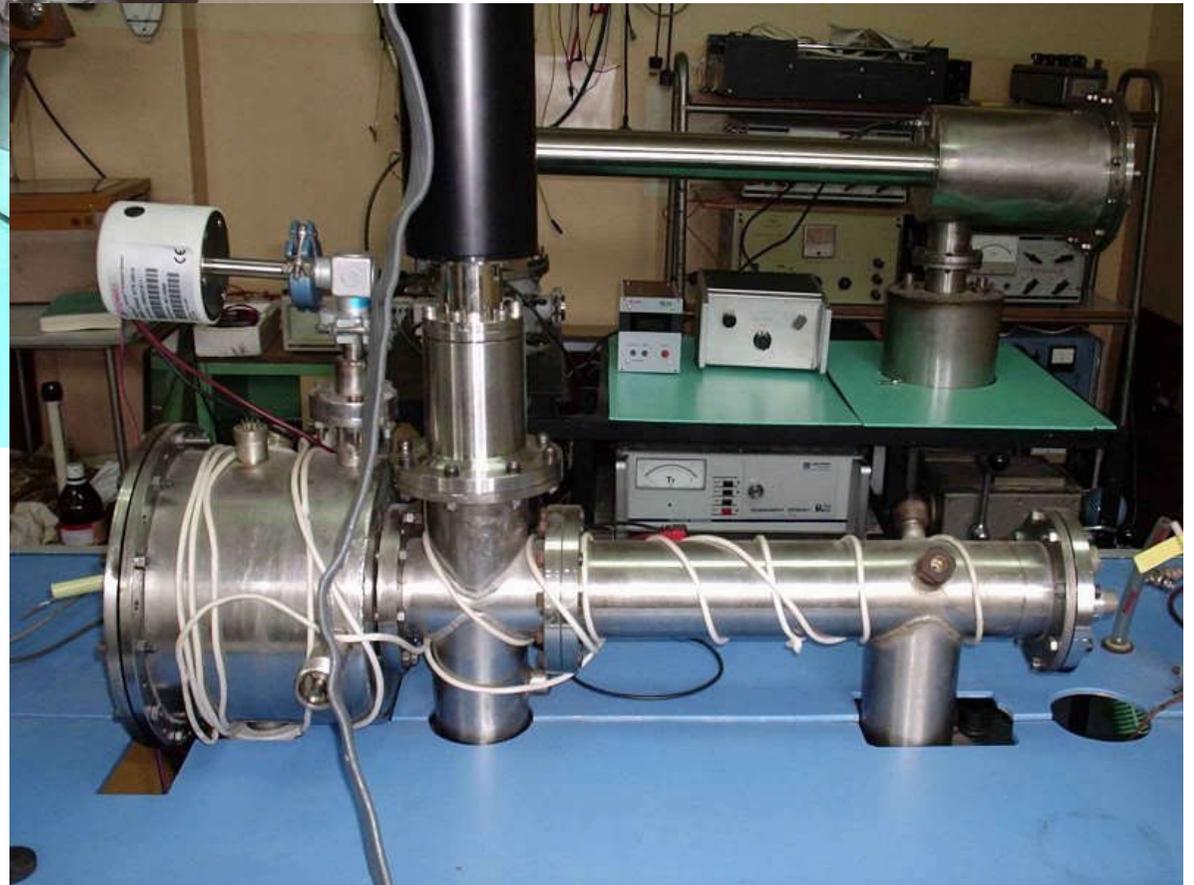
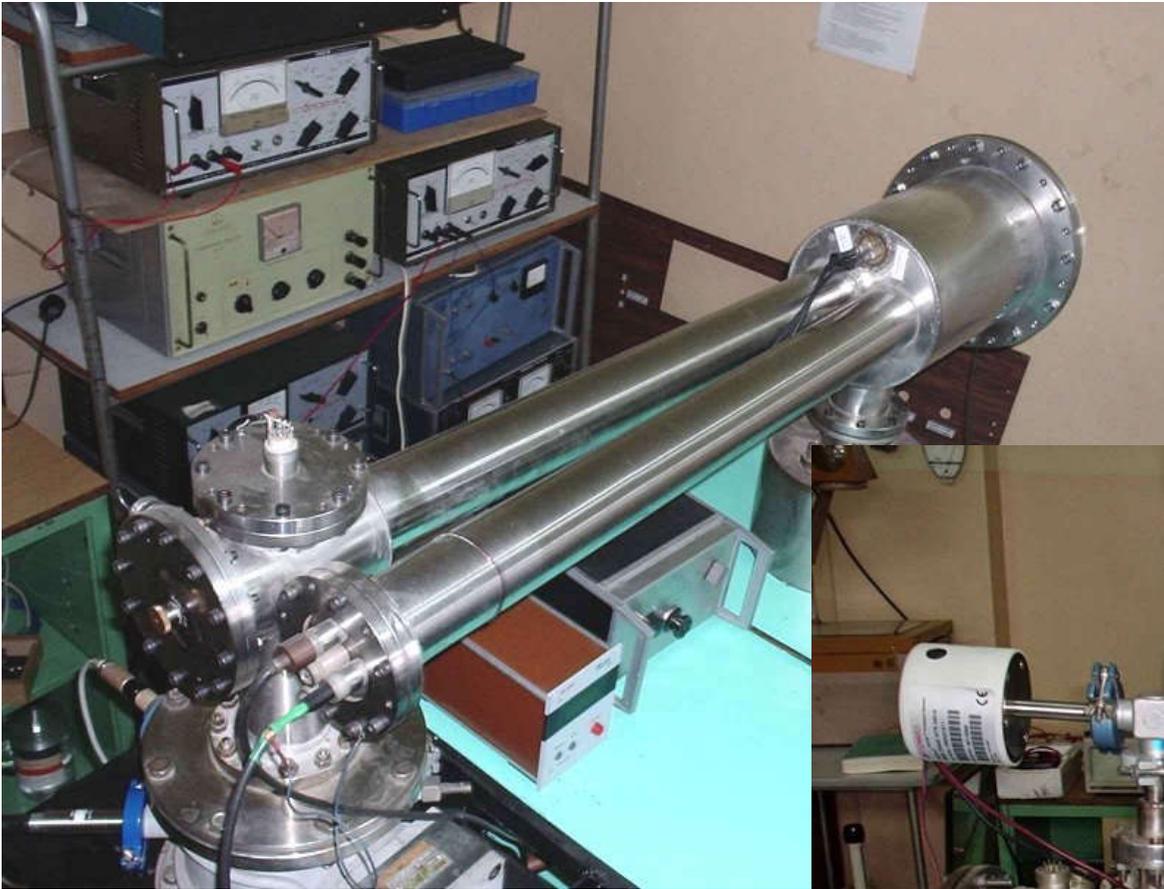


Schema dello spettrometro di massa



Spettroscopia di massa

Tempo di volo



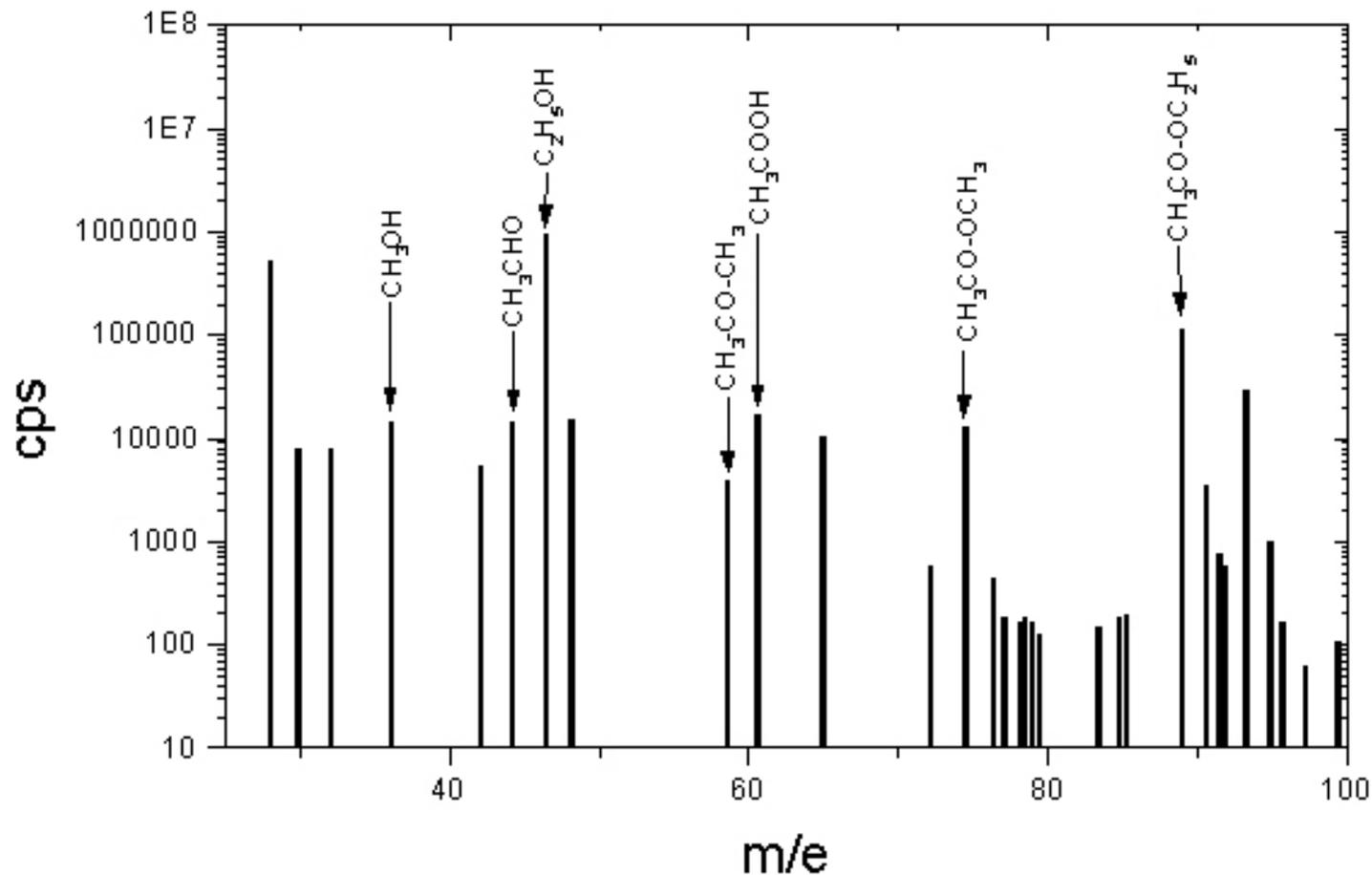
"quadrupolo"

$$\varphi(x, y, z, t) = \frac{(U + V_0 \cos \alpha t)(x^2 - y^2)}{r_0^2}$$

Qual è il profumo delle fragole?

Sicuramente appetitoso!

Lo spettro delle masse:



Metalli, leghe

Fe: acciaio, ghisa



Cu: ottone, bronzo



Aluminio, 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

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

Lanthanide Series

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
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Actinide Series

89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr
-------	-------	-------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------	--------	--------	--------

- Alkali Metal
- Alkaline Earth
- Transition Metal
- Basic Metal
- Semimetal
- Nonmetal
- Halogen
- Noble Gas
- Lanthanide
- Actinide

© 2014 Fizzi Multimedia s.p.a. - Milano

https://it.wikipedia.org/wiki/Età_del_ferro

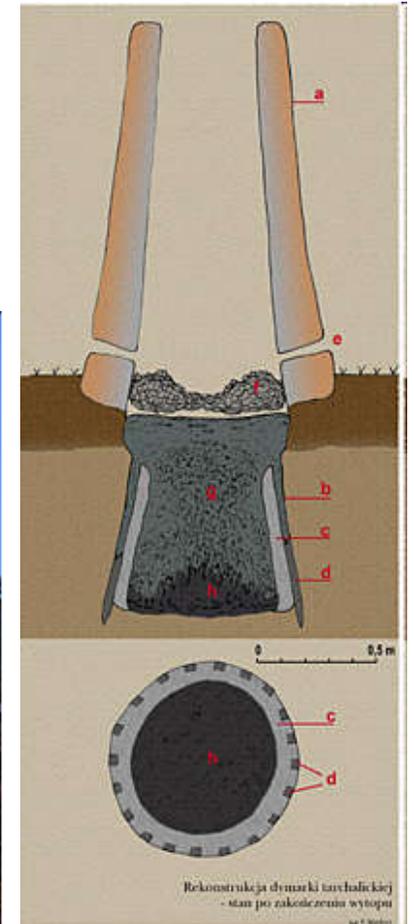
L'adozione di questo nuovo materiale spesso coincide con altri mutamenti nella società, non escluse le divergenti pratiche agricole, credenze religiose e stili artistici.

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 Fe_2O_3

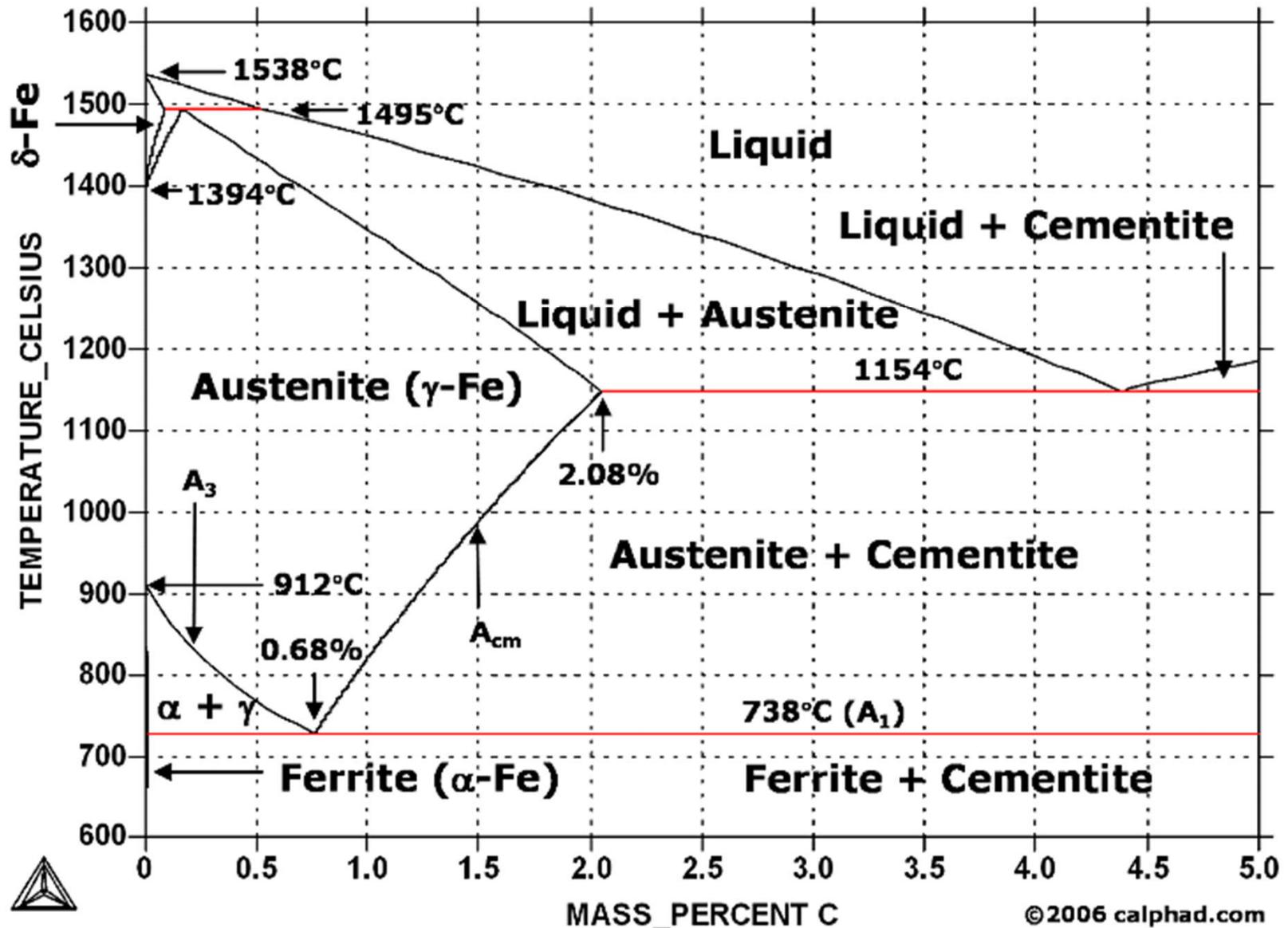


Siderite FeCO_3



Magnetite Fe_3O_4

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

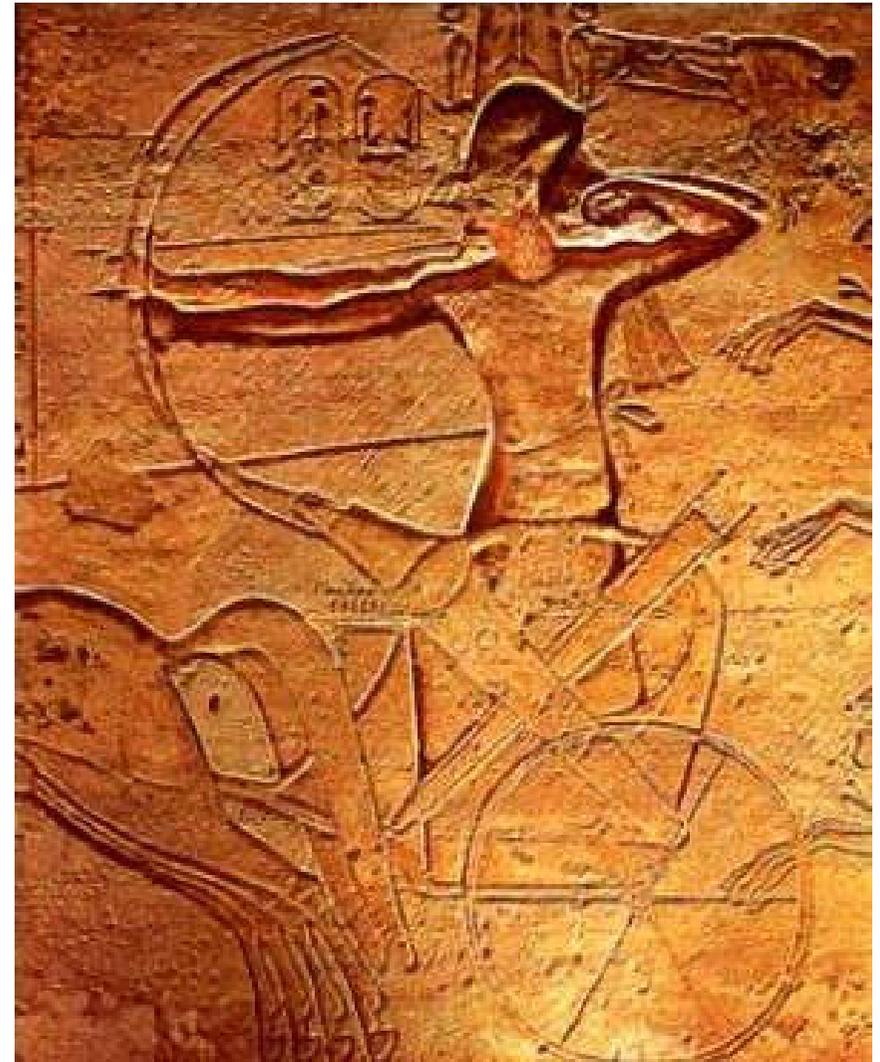




Ittiti (?) (II millennio a.C.)



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>

Il colore delle stelle e il ferro da cavallo

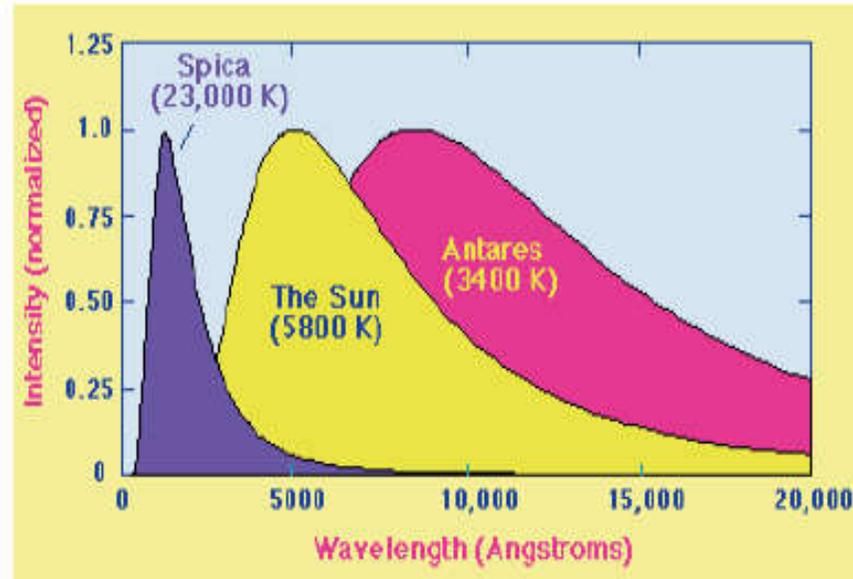


Figura 2.10. (a) Il colore del ferro da cavallo (e del filamento di una lampadina) cambia con la temperatura: da rosso (a 1000°C) a giallo fino a bianco incandescente a 3000°C . (b) Nello stesso modo cambia anche il colore delle stelle: la Spica, con la superficie a 23000°C sembra azzurra rispetto al Sole (5500°C) e alla grossa ma relativamente fredda Antares (nella cintura di Orione), che è rossa. FONTE: NURE AGLIO; ERIC C. BLACKMAN.

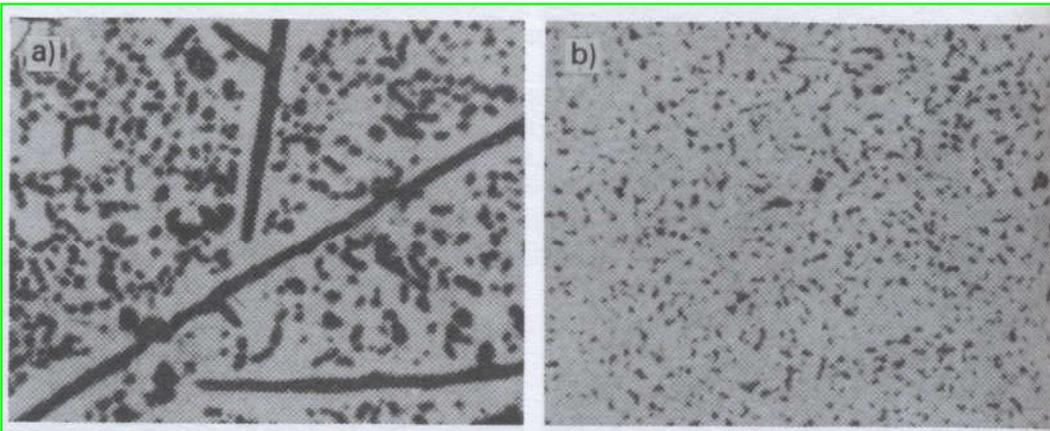
Vedi anche: https://it.wikipedia.org/wiki/Ferro_battuto

Ghisa, acciaio, ferro battuto, etc.



https://en.wikipedia.org/wiki/Wrought_iron

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

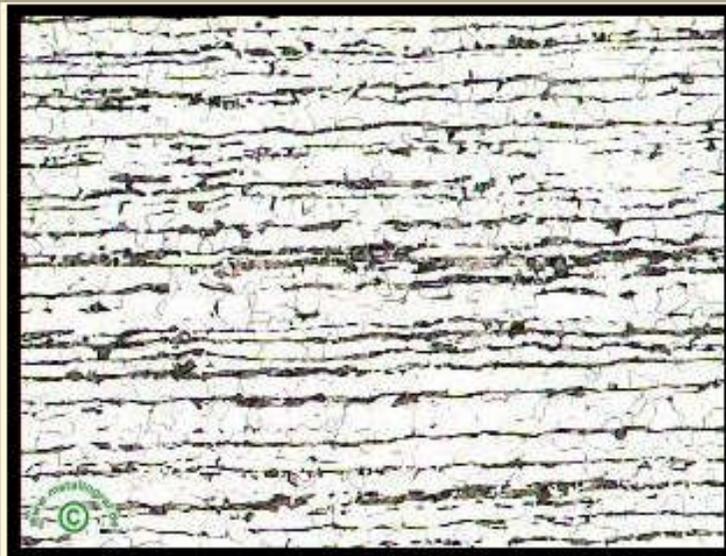


Grafite cristallizzato nella ghisa (lega Fe-C con 4% C)

Il ferro „puro”: ferrite = α -Fe bcc ($<0.028\%C@738^{\circ}C$)

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni
max. 0,17			max. 0,040	max. 0,035			

Werkstoffnummer 1.0116

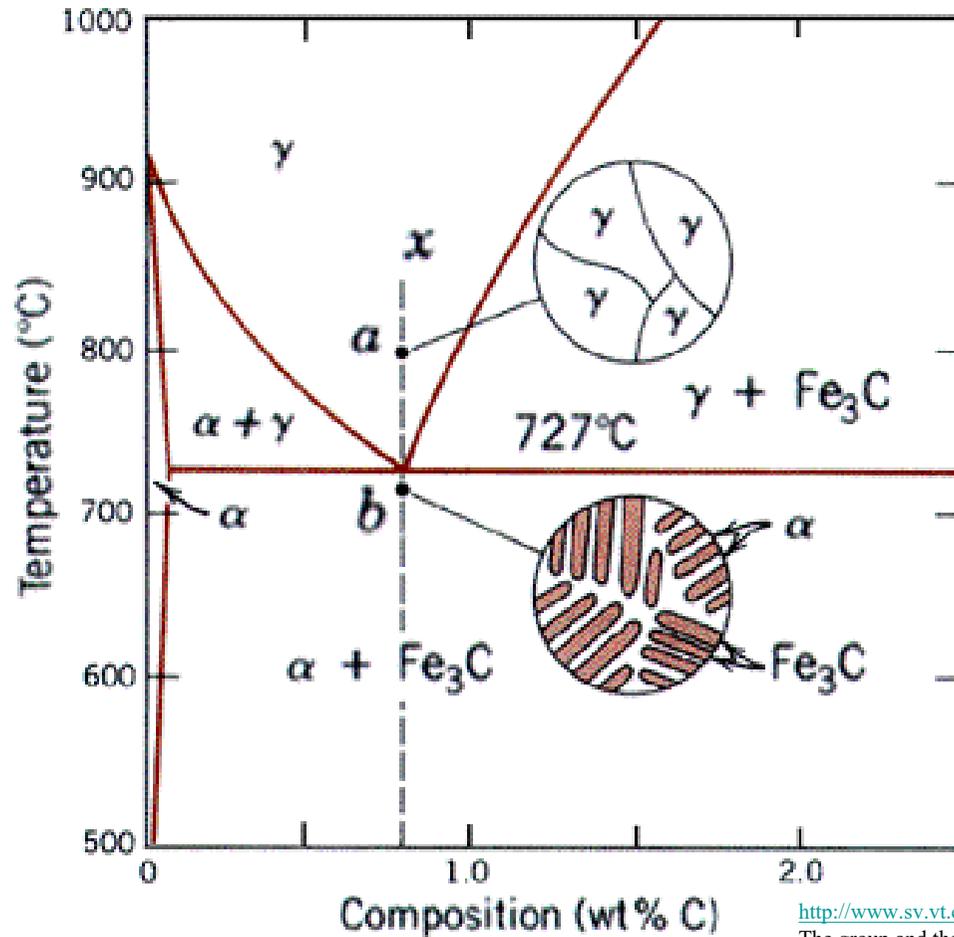


Zustand : unbehandelt
Aufnahmevergrößerung : 100 : 1
Ätzmittel : 3 % alkoholische Salpetersäure
Probelage / Prüfvorschrift : Längsschliff
Befund :
<http://www.metallograf.de/start.htm>
ca. 70 % Ferrit ; 28 % Sorbit ; 2 % Perlit
leichte Zeiligkeit

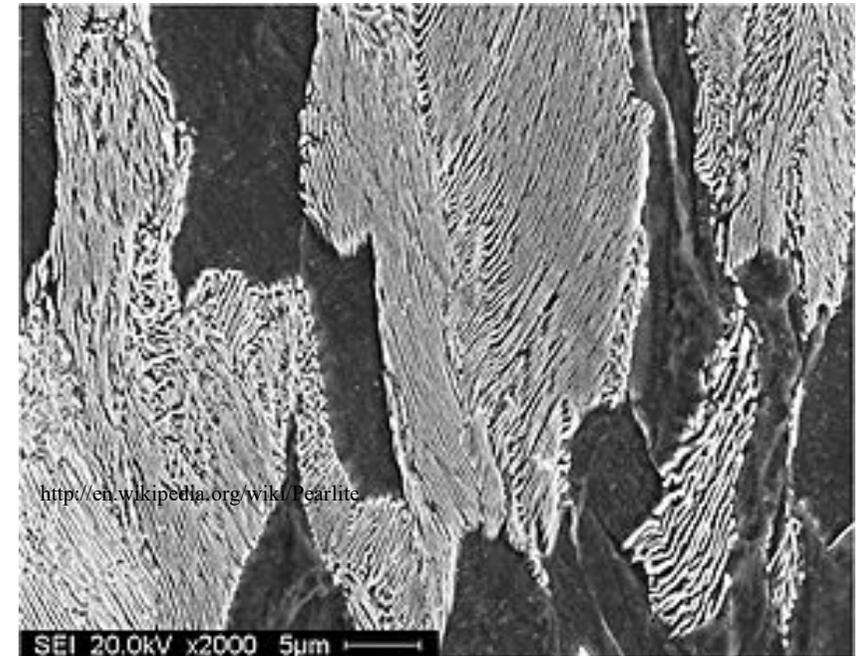
Zustand : unbehandelt
Aufnahmevergrößerung : 500 : 1
Ätzmittel : 3 % alkoholische Salpetersäure
Probelage / Prüfvorschrift : Längsschliff
Befund :
ca. 70 % Ferrit ; 28 % Sorbit ; 2 % Perlit

Il ferro pur è più morbido del rame!

Con il contenuto di C più grande
si vedono due fasi:



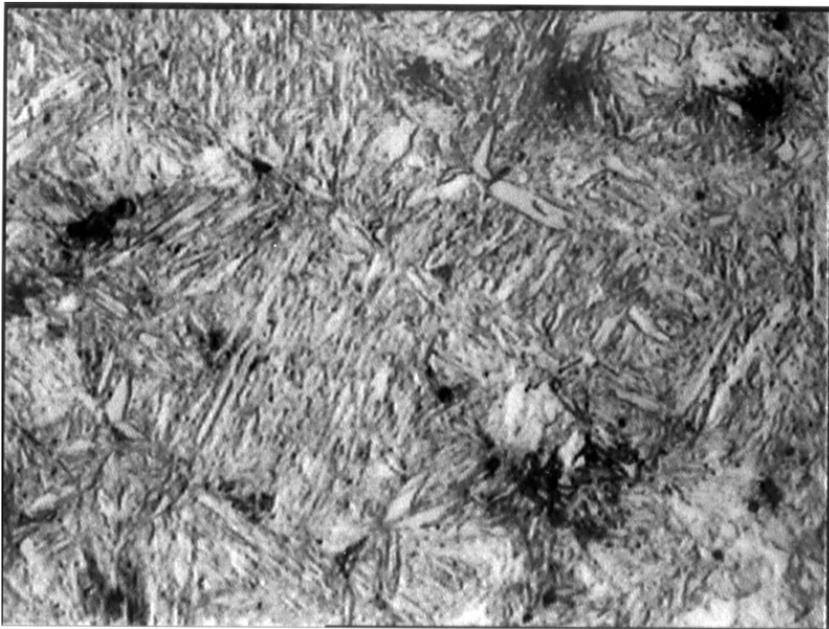
alfa-ferrite (88 wt%)
cementite (12%) - aghi



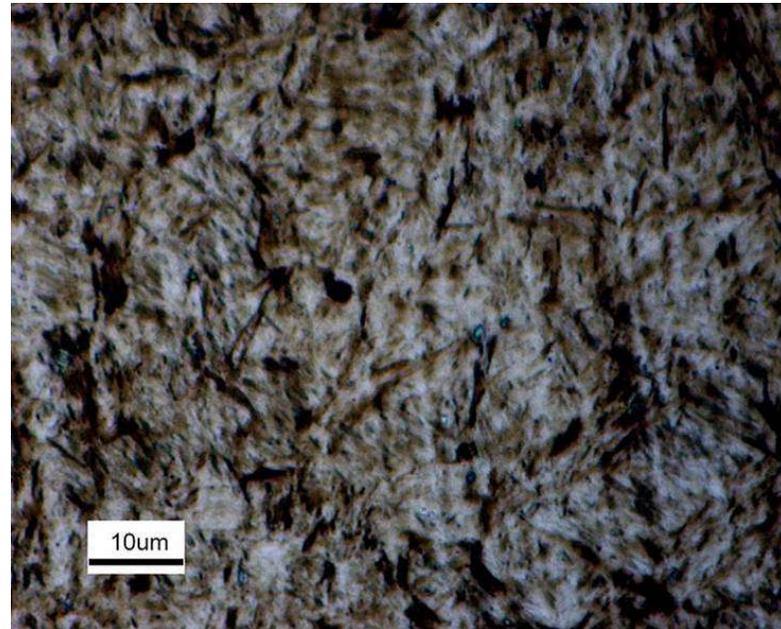
Acciaio temprato

- The martensite is formed by rapid cooling (quenching) of austenite which traps carbon atoms that do not have time to diffuse out of the crystal structure
- martensite has a body centered tetragonal crystal structure, whereas austenite has a face center cubic (FCC) structure.

Acciaio temprato ha una struttura cristallografica “ad aghi”, che assicura la durezza ed elasticità (ma anche fragilità)



Martensite in AISI 4140 steel



0.35%C Steel, water-quenched from 870°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**.

Fasi cristallografiche: perlite, ferrite, cementite

Querschliff

Untereutektoider Stahl mit einem niedrigen Kohlenstoffgehalt von ca. 0,10 %. Aufgrund dessen ist ein hoher Ferritanteil und nur wenig Perlit vorhanden.

<http://www.metallograf.de/start.htm>



Querschliff

Stahl mit ca. 0,40 % Kohlenstoff. Das Gefüge besteht zu ca. 50 % aus Ferrit und zu 50 % aus Perlit. Der Perlit ist teilweise lamellar und zum anderen dichtstreifig / feinlamellar ausgebildet.



Querschliff

Eutektoider Stahl mit ca. 0,80 % Kohlenstoff. Gefüge aus lamellarem Perlit und Sorbit (feinlamellarer Perlit). Aufgrund des hohen Kohlenstoffgehaltes ist kein Ferrit vorhanden.



Così, si spiegano infinite applicazioni del 'ferro'. E visto, che alla lega Fe-C si possono aggiungere altri elementi - vanadio, cromo, molibdeno, manganese, di lavoro non mancherà per altre generazioni di ingegneri.

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.

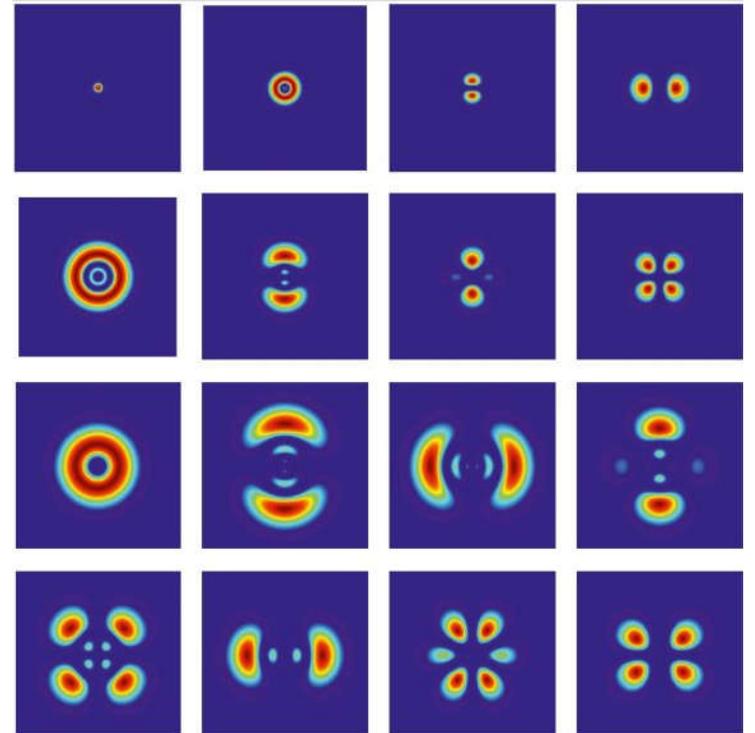
<https://www.joya.life/blog/sorprendente-tesoro-del-priamo/>

«Orefice fine»

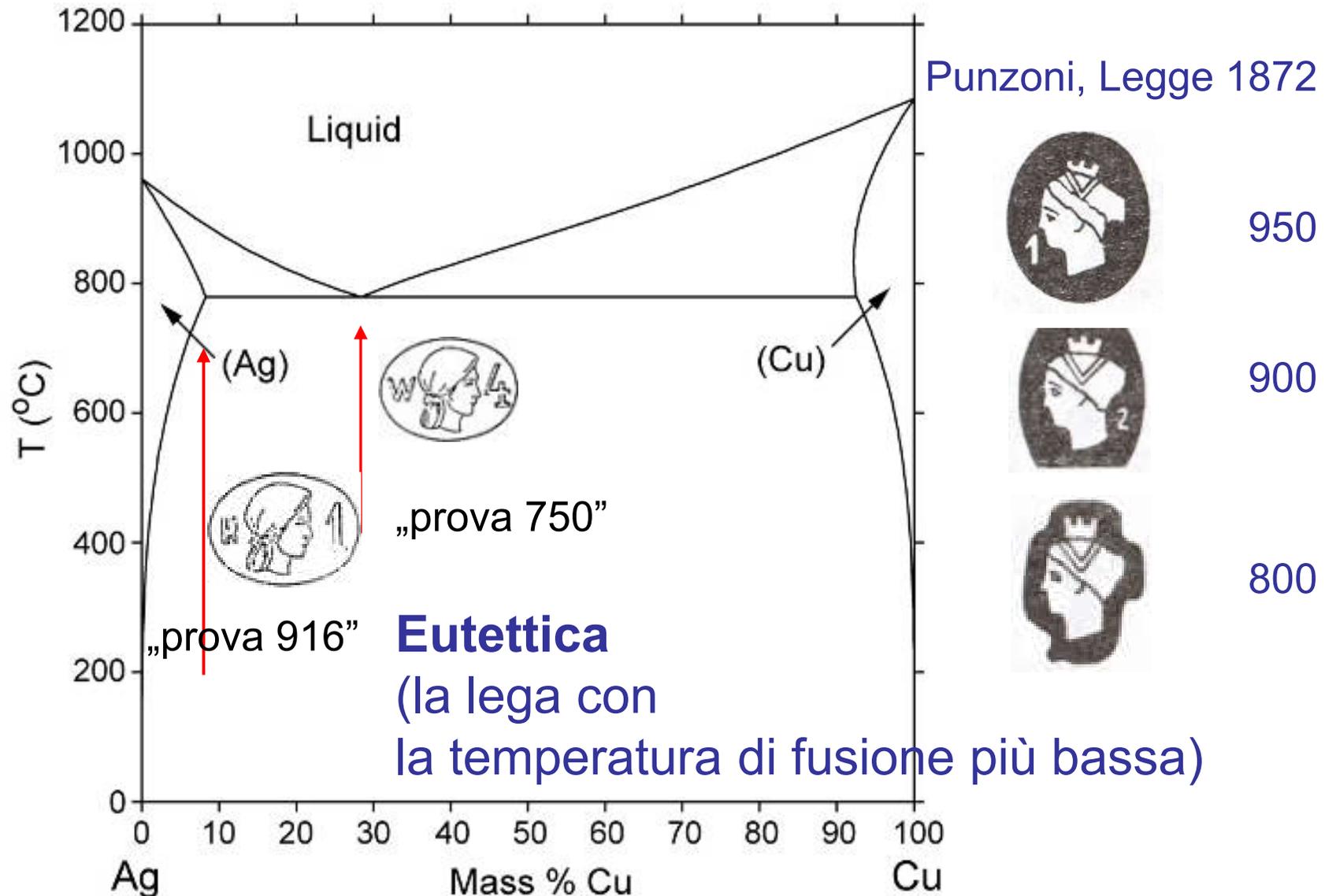


Benvenuto Cellini
Peter Carl Fabergé

Perché l'oro è così malleabile?
Perché gli orbitali d sono molto allungati



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



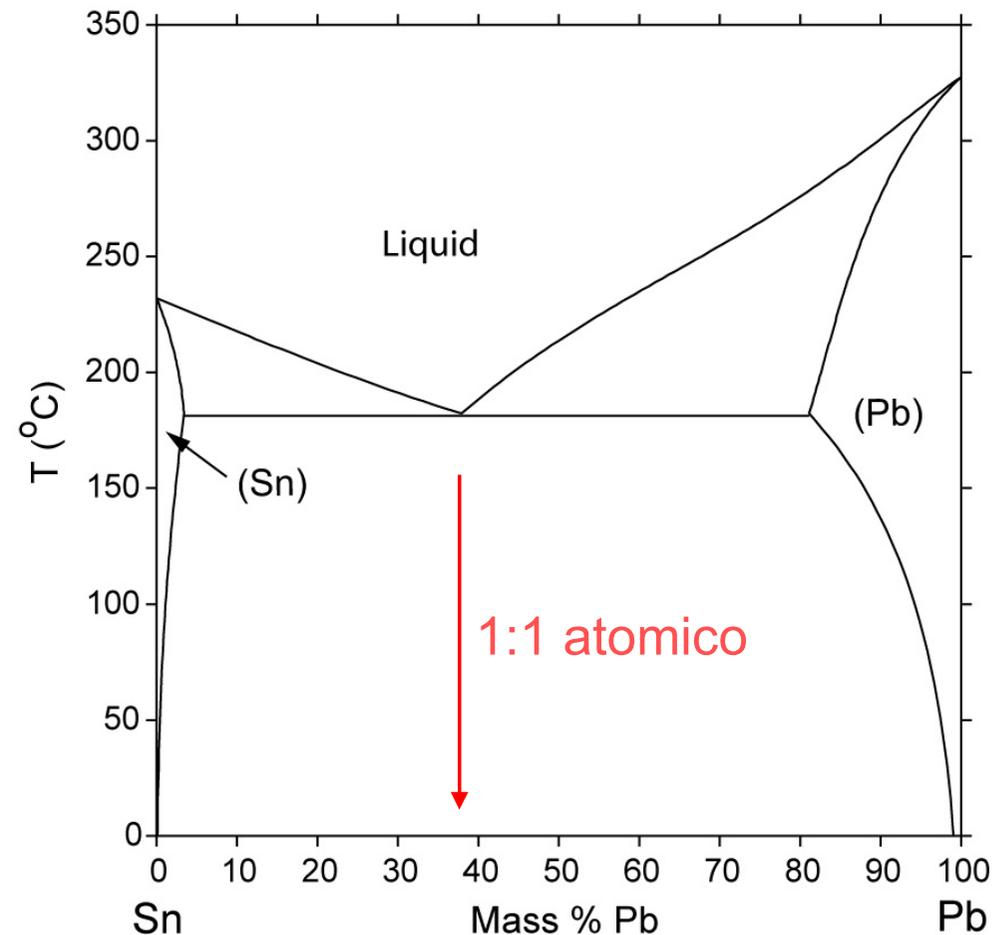
Diagrammi di fase – lo „stagno” per saldare

Diagrammi di fase mostrano, come cambia la temperatura di fusione in funzione del contenuto chimico della lega.

Per esempio, il piombo puro fonde a 325°C e lo stagno puro a 230 °C.

Il grafico mostra come cambia la temperatura di fusione per diverse percentuali di massa per la lega Sn↔Pb. La lega con 38%Pb (e 62%Sn) ha la temperatura di fusione più bassa, 182 °C. Viene chiamata la **eutettica**.

Diversi ‘triangoli’ limitano le determinate ‘fasi’: il Pb sciolto nello Sn solido, cristalli di lega Sn-Pb galleggianti in liquido Sn-Pb (ma di diverse proporzioni, etc.)



Source: NIST

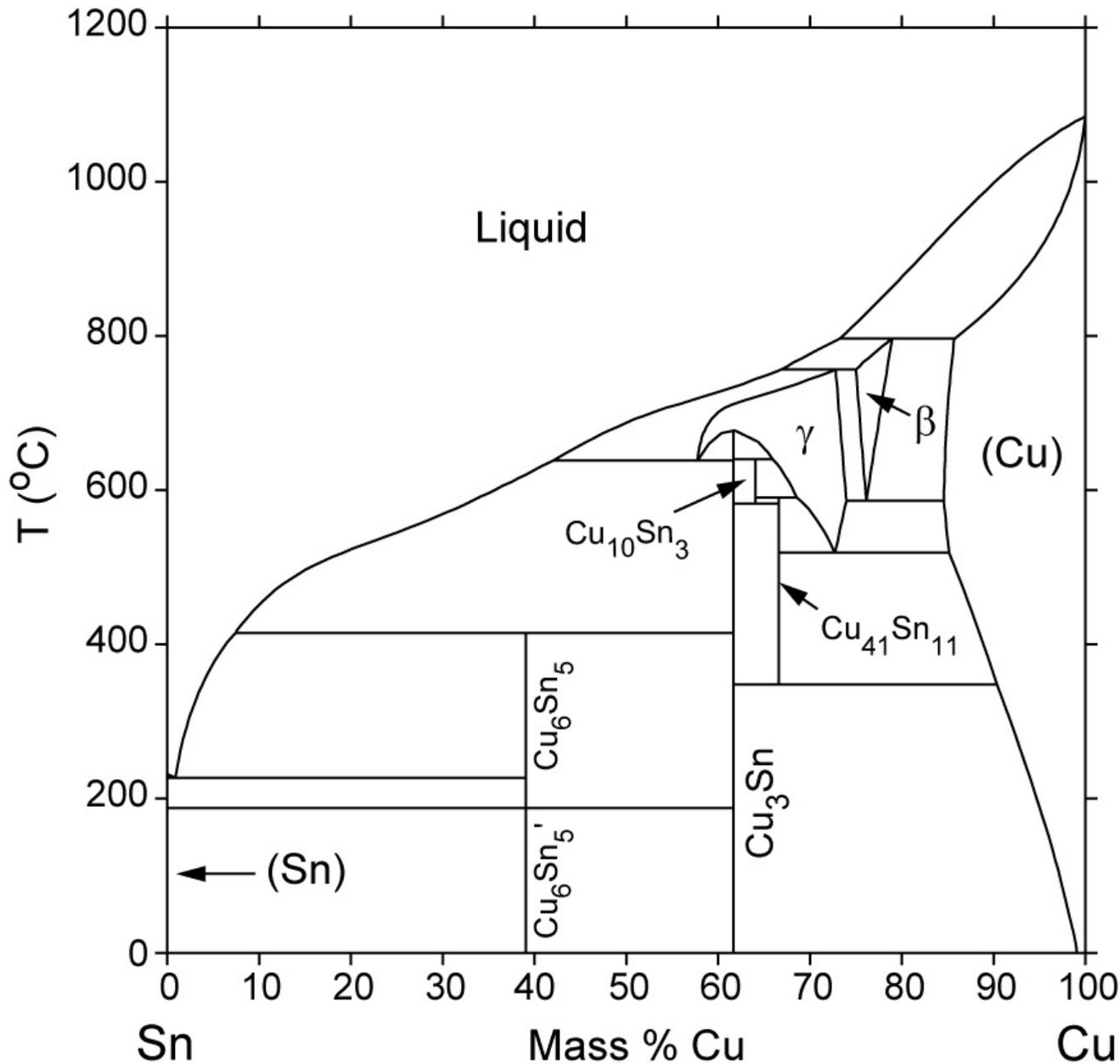
<http://www.metallurgy.nist.gov/phase/solder/pbsn.html>

Età del bronzo 3300-1300 a.C.

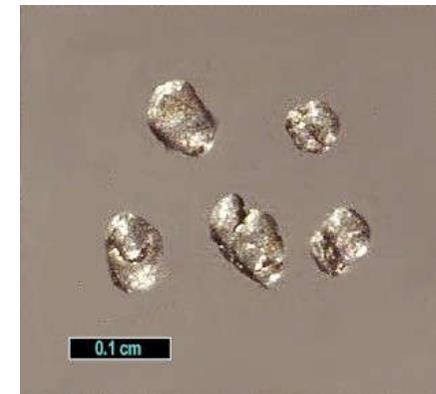


<http://www.metallurgy.nist.gov/phase/solder/cusn.html>
http://en.wikipedia.org/wiki/Bronze_Age
http://www.coloradogem.com/images/3507_big.jpg
<http://webmineral.com/specimens/picshow.php?id=2469>
http://it.wikipedia.org/wiki/File:Marek_Aureliusz_Kapitol.jpg
<http://www.exceptionalminerals.com/exceptionalroom6.htm>

Età del bronzo (Cu:Sn)



Rame nativo, Michigan, USA



Stagno nativo, NSW Australia

I bronzi venuti dal mare

Bronzo fosforoso



Il **bronzo fosforoso** merita una descrizione a parte rispetto ai tradizionali bronzi allo stagno e all'alluminio. È una lega ad **alto contenuto di stagno e fosforo** con alti valori di resistenza di carico, elevata elasticità, resistenza all'usura ed ottime caratteristiche di scorrimento, anche in caso di scarsa lubrificazione.



Phosphor bronze [propellor](#) from 1940s American warship



[Bauhaus Walstein tenor saxophone](#)
manufactured in 2008 from phosphor bronze



[Acoustic guitar](#) string wrapped with phosphor bronze

<https://www.venditabronzo.it/dati-tecnici/bronzo-fosforoso.html>

http://www.alibaba.com/showroom/Bronze_Spring_Wire.html

http://en.wikipedia.org/wiki/Phosphor_bronze

Ottoni Cu + Zn (+ Pb), applicazioni

Lega	Applicazione
P-CuZn20Pb P-CuZn35Pb2	<i>Meccanica:</i> Particolari tranciati a freddo, chiavi . <i>Edilizia:</i> Accessori idrosanitari, rubinetteria.
P-CuZn36Pb3	<i>Meccanica:</i> Ingranaggi, pignoni e tutti i particolari a forme complesse che richiedono una impegnativa lavorazione alle macchine utensili ad asportazione di truciolo ad altissima velocità.
P-CuZn36Pb2As	<i>Edilizia:</i> Rubinetteria e raccorderia a contatto con acque potenzialmente atte a determinare il fenomeno della dezincificazione negli ottoni al piombo comuni.
P-CuZn37Pb2	<i>Meccanica:</i> Bilancieri e casse per orologi, parti per orologeria, ingranaggi, ruotismi.
P-CuZn37Pb2Sn	<i>Meccanica:</i> Steli di valvole, viti, dadi e bulloni, particolari per impieghi marini.
P-CuZn38Pb2	<i>Meccanica:</i> Spine, bulloneria, viteria, spilli, occhielli, gancetti, articoli per uso domestico, minuteria metallica, lucchetti, serrature. <i>Edilizia:</i> Rubinetteria cromata, miscelatori termostatici, valvole a sfera, a farfalla, a saracinesca, termostatiche, a quattro vie, organi di intercettazione, regolazione e controllo, valvole per gas.
P-CuZn38Pb4	<i>Meccanica:</i> Piastre, arpionismi e parti metalliche in genere per orologeria.
P-CuZn39Pb1	<i>Meccanica:</i> Viteria e bulloneria ottenute su macchine utensili ad alta velocità.
P-CuZn39Pb2	<i>Edilizia:</i> Accessori per impianti idrosanitari, maniglie per porte e finestre, rubinetti, valvole e loro parti. <i>Meccanica:</i> Lucchetti, serrature, viti, dadi e bulloni.
P-CuZn39Pb3 P-CuZn40Pb	<i>Meccanica:</i> Piastre tubiere per scambiatori di calore e condensatori.

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 $\text{Cu}_{75}\text{Zn}_{20}\text{Ni}_5$

Mega - sbronzi



«Колокол цар» – non ha mai suonata



«Пушка цар» - non ho mai sparato

Materiali delle tecnologie moderne: copiando la natura

La scienza dei materiali è antica come la civiltà.

- Negli antichi forni per formare il ferro, conosciuti in Egitto nel III millennio a.C. in modo adeguato veniva sfruttato il fatto, che il ferro con l'aggiunta di carbone fonde nella temperatura molto più bassa (persino 1154°C) che il ferro puro (1538°C); oggi non sappiamo riprodurre questi vecchi forni.
- fare colate di bronzo, per monumenti (Fidia, Aurelio), o campane è ancora più difficile
- i segreti della produzione della porcellana erano custoditi per millenni

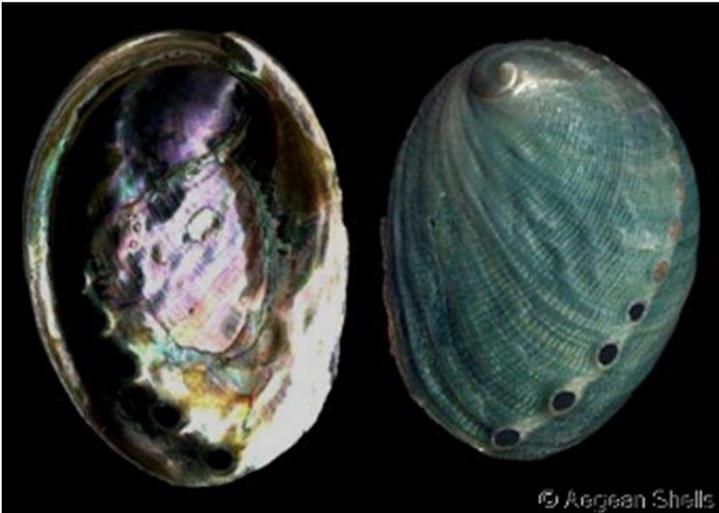
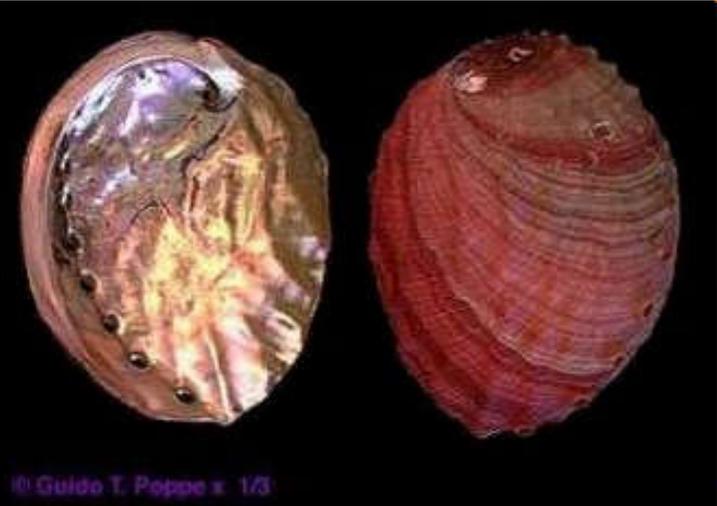
Si scopre che la natura è ancor più 'furba' dell'uomo

La strutture del legno o il filo del ragno sono ancora insuperabili per le loro qualità meccaniche ...

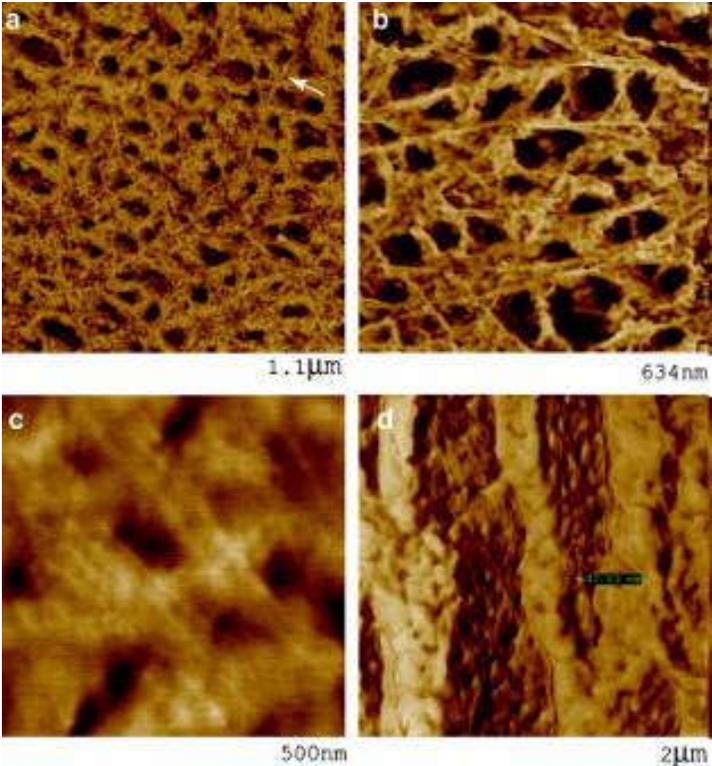
Cemento armato, acciaio temprato, porcellana e i gusci di moll

- Studi microscopici sui materiali mostrano che molti di essi hanno una struttura simile, anche se sono apparentemente molto diversi.
- I materiali da costruzione più resistenti:
 - -cemento armato
 - Porcellana cinese
 - acciaio temprato
 - - compositi polimerici
- hanno una struttura costituita da due fasi – una fibrosa (barre d'armatura in calcestruzzo, fibre Al_2O_2 in porcellana, cristalli di martensite allungata in acciaio, fibre di carbonio o vetro in polimeri), resistente allo stiramento e l'altra al riempimento (calcestruzzo, mulite, austenite, resina), resistente allo schiacciamento
- Si scopre che anche i gusci delle vongole hanno una struttura simile, calcareo-organica, come dimostrato dai risultati scientifici di seguito
-

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



Haliotis rufescens

Macromolecular structure of the organic framework of nacre in *Haliotis rufescens*: Implications for growth and mechanical behavior

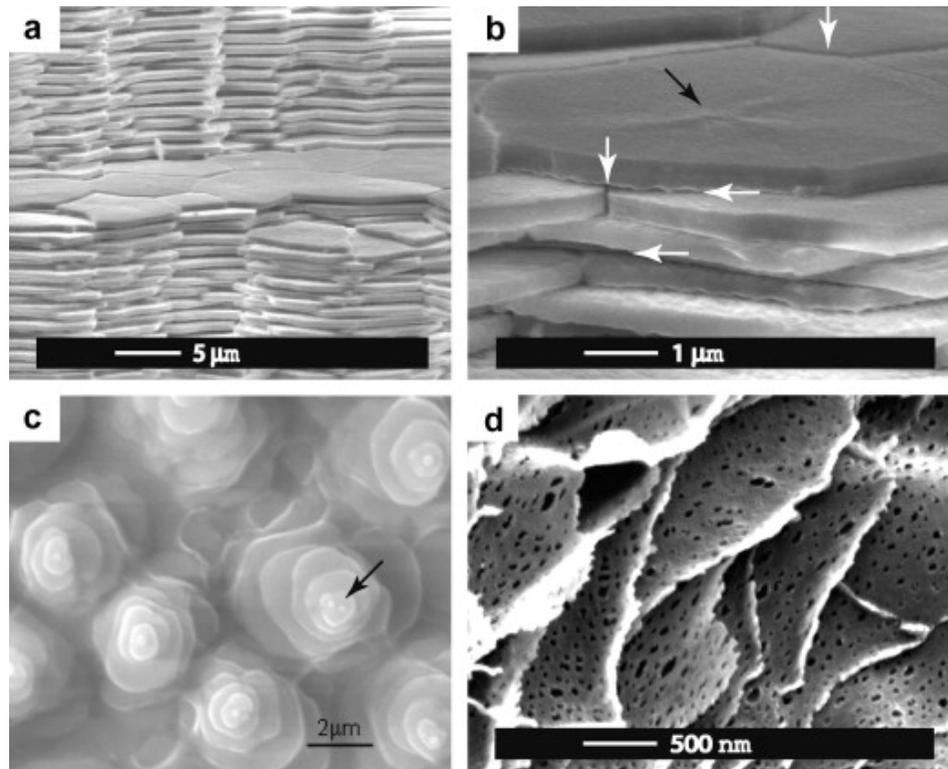


Fig. 1. (a and b) SEM images of fractured nacre from *H. rufescens* illustrating tiles on nearly parallel lamella. The “terrace” consisting of one interlamellar layer of nacre is shown at higher magnification in (b), where the black arrow points to a central region discussed below and referred to in [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 Bezares^a, Robert J. Asaro^{a, b}, and Marilyn Hawley^b

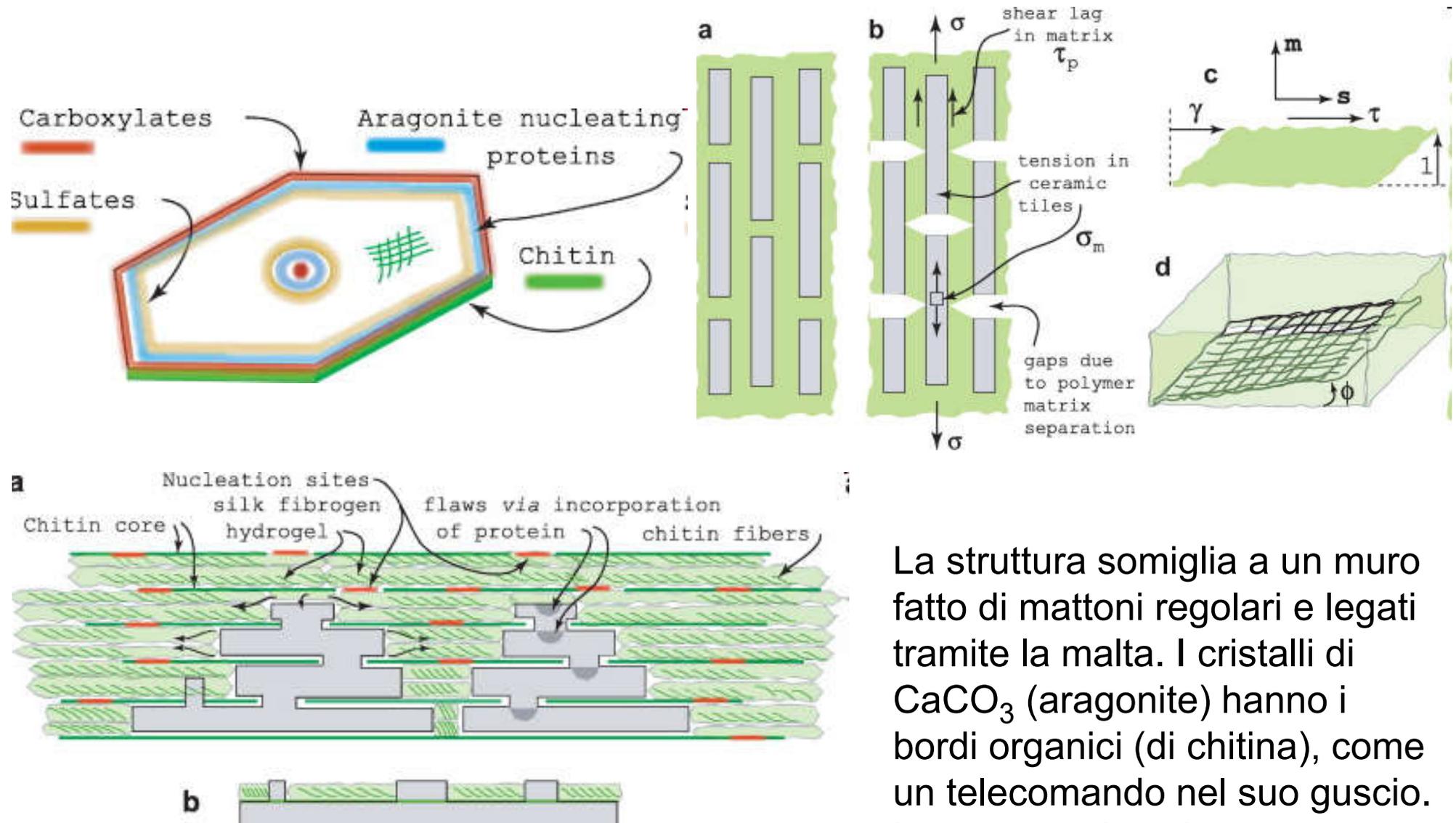
^a Department of Structural Engineering, University of California, San Diego, CA 92093, USA

^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](#)

Haliotis rufescens



La struttura somiglia a un muro fatto di mattoni regolari e legati tramite la malta. I cristalli di CaCO_3 (aragonite) hanno i bordi organici (di chitina), come un telecomando nel suo guscio. La struttura è resistente ma anche elastica.

Biomateriali

The nanostructural unity of Mollusc shells

Y. Dauphin*

UMR 8148 IDES, bât. 504, Université Paris XI-Orsay, 91405 Orsay cedex, France

* E-mail: yannicke.dauphin@u-psud.fr

ABSTRACT

Calcite and aragonite shell layers of the main classes of Molluscs are composed of monocrystalline units (prisms, tablets, laths or fibres). Scanning electron and atomic force microscopy studies show these units are composed of small round granules with a thin cortex (amorphous calcium carbonate and/or organic matrix). These granules are organo-mineral composites. A comparison of the size and shape of the granules in different taxa (Mollusca, Brachiopoda) suggests a possible relationship with taxonomy and/or phylogeny.

Anche studi su altri molluschi mostrano simili strutture: prismi, fibre, tessere, o 'legnetti' fatti da mono-cristalli di calcite o aragonite (entrambi CaCO_3).

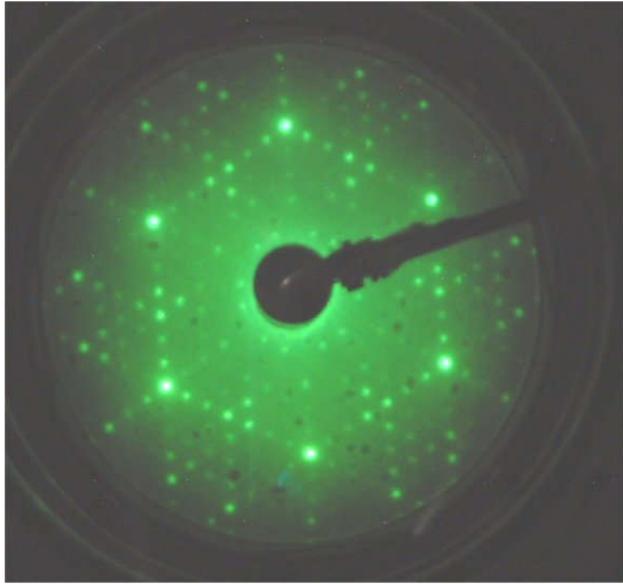
Questi elementi formano dei granelli con una sottile corteccia di carbonato di calcio amorfo, in una matrice organica.

Struttura atomica della materia (Democrito)

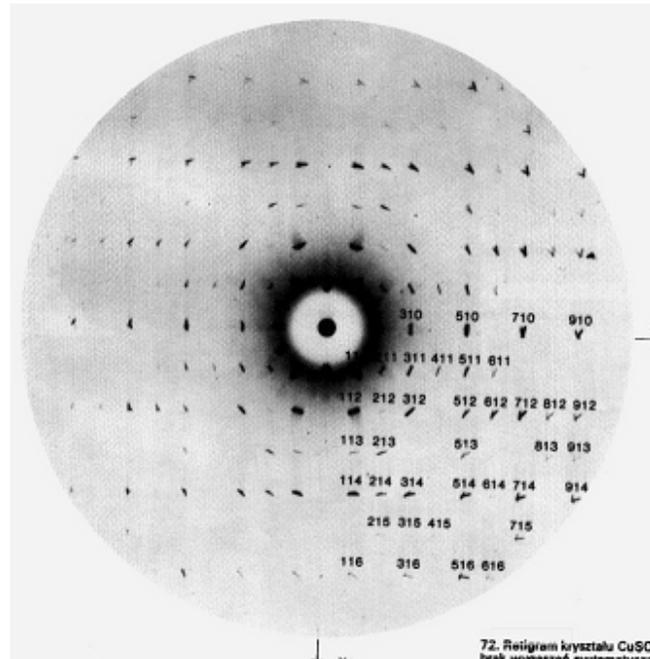


Figura 3.2. (a) Un pezzo di granito dalla Lettonia: si distinguono i grossi cristalli di ortoclasio (rosa), quarzo (bianchi) e mica (neri). (b) I cristalli bianchi nel pezzo di granito sono fatti di quarzo. Su questa foto certi cristalli hanno le dimensioni della sabbia, altri mille volte più piccoli (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.

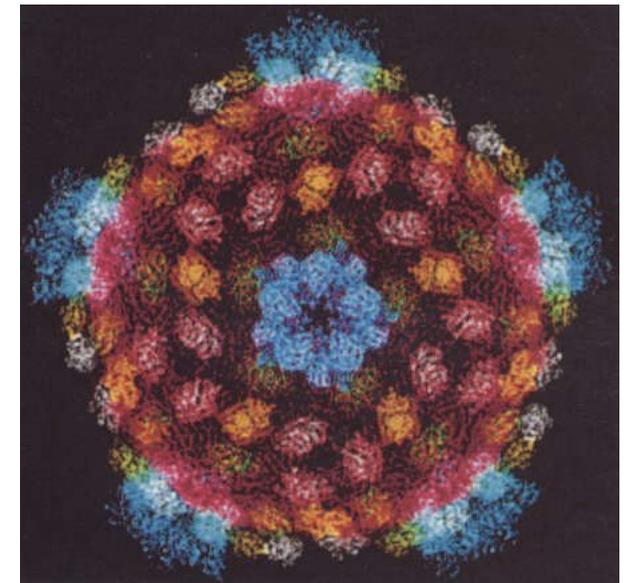
Raggi X rivelano la struttura di cristalli



SiC Università di Trento
LEED = Low Energy
Electron Diffraction



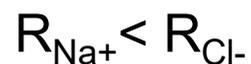
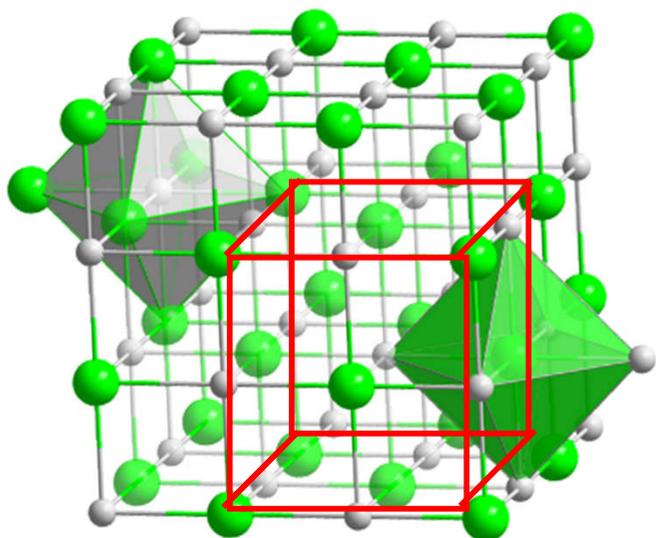
DNA – sale di sodio.



RNA del virus del tabacco

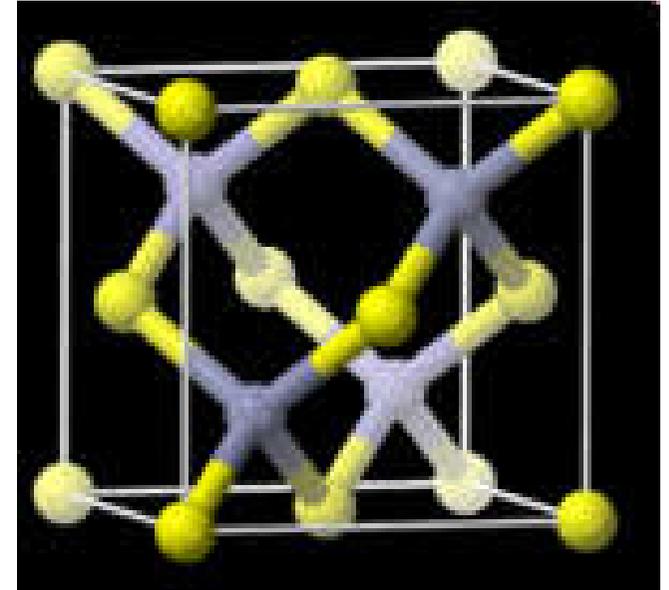
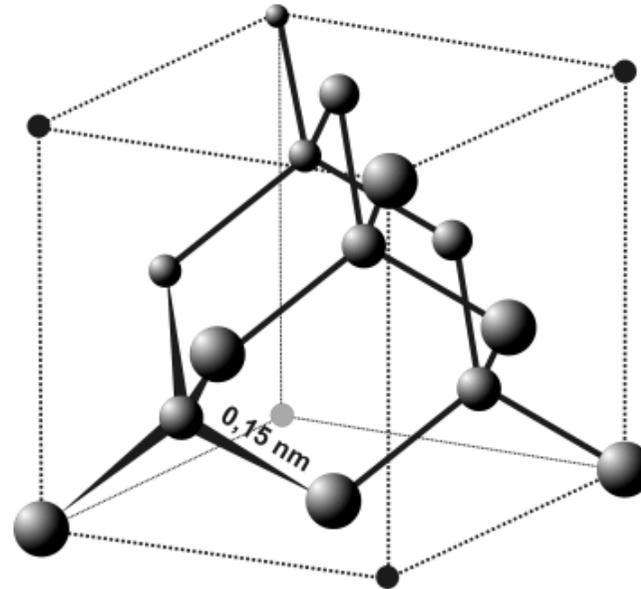
Struttura cristallografica

Cristallo regolare: cloruro di sodio



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

Classe «regolare»: diamante



Simmetria regolare (cubica), centrato sulle pareti

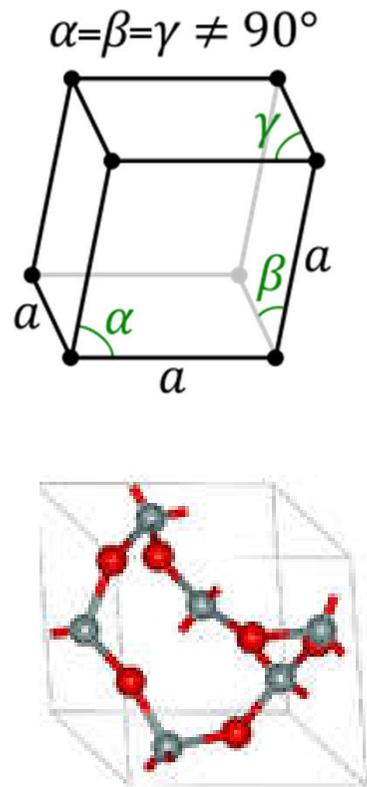
ZnS – blenda di zinco
(*sfaleryt*)

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>

Struttura cristallografica

trigonale, ≈rhombohedral
= un cubo inclinato in 3D



α -quarzo (SiO_2)



Corindone (Al_2O_3)



Cinabro (HgS)

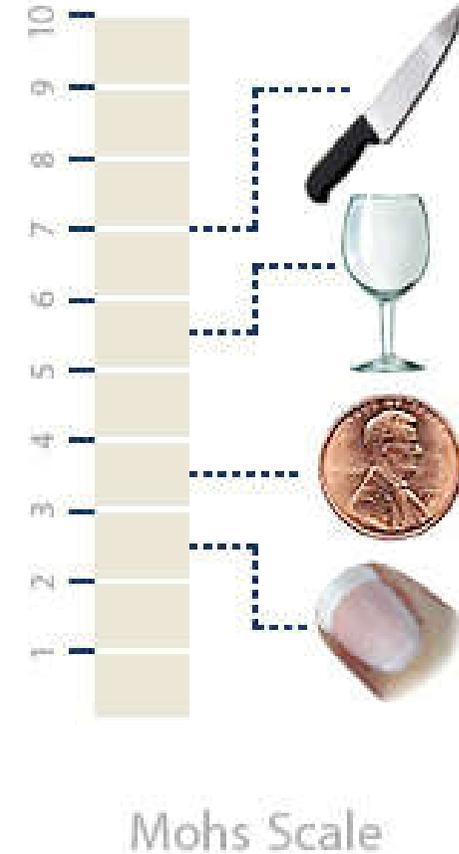
Museo delle Scienze Naturali di Vienna
Foto: Maria Karwasz

3 calcite (calcare, spato d'Islanda)



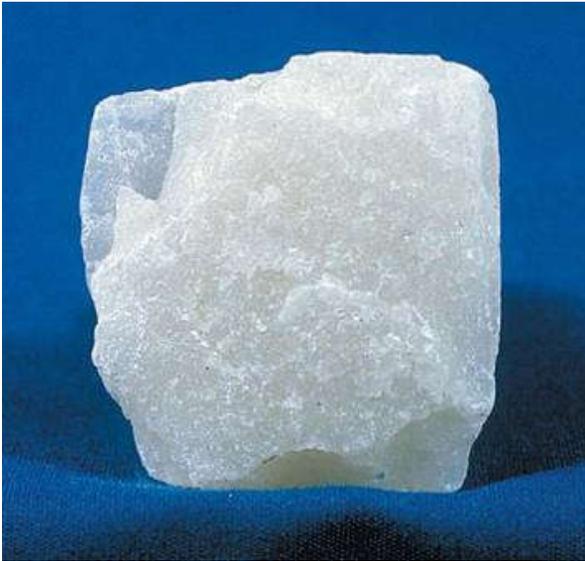
<http://skywalker.cochise.edu/wellerr/mineral/calcite/6calcite-cleavage2.jpg>
http://www.gvstones.com.br/brazil_orange_compact_calcite_bocc05_f09.JPG

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) CaSO_4



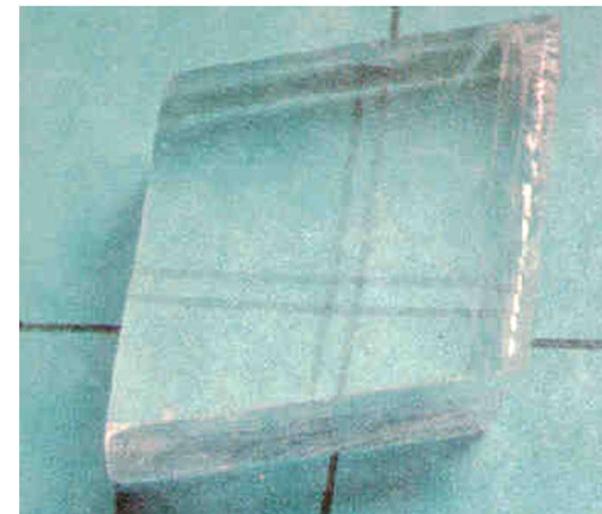
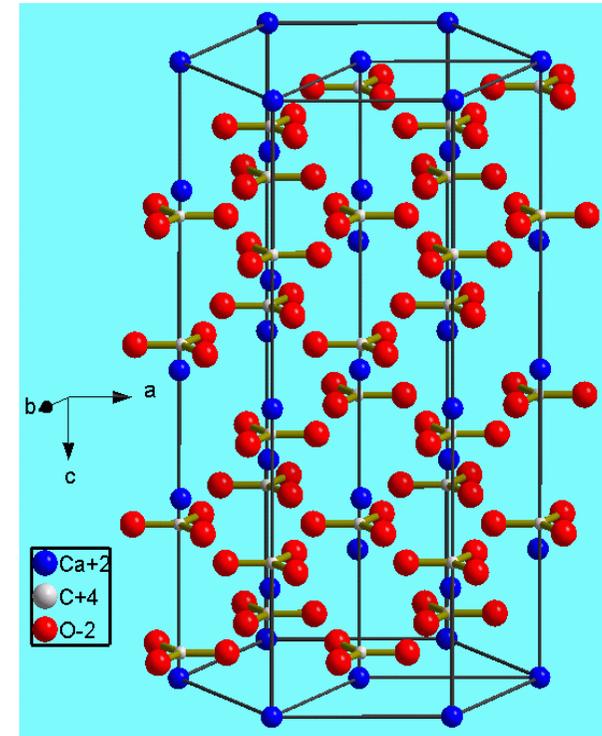
<http://www.dkimages.com/discover/previews/953/35003342.JPG>

Spato d'Islanda: birifrangenza



Museo di Vienna

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



4 fluorite CaF_2



http://www.sciencehelpdesk.com/img/science1_5/Fluorite.jpg
<http://www.healingcrystals.com/images/cards/Fluorite.jpg>

5 apatite $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3$



Gemma semi-preziosa,
ma anche un fertilizzante

6 ortoclasio KAlSi_3O_8



Cristalli rosa/ rossi nel granito



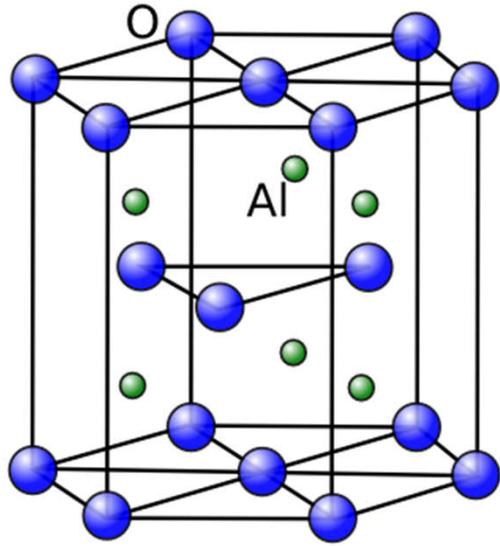
7 quarzo (SiO_2)



<http://www.pitt.edu/~cejones/GeoImages/1Minerals/1IgneousMineralz/Quartz/QuartzRose.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

8 topazio Al_2SiO_4





9 corindone Al_2O_3

Al_2O_3 – «carta vetrata»

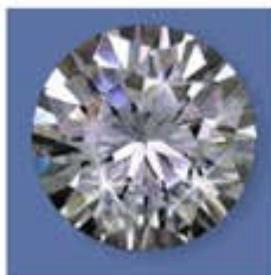


- con gli ioni di Fe: zafiro

- con gli atomi (ioni) Cr: rubino



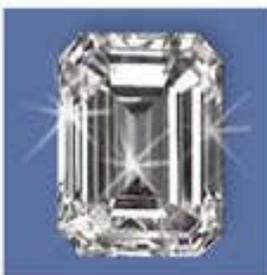
10 diamante



Round Diamond



Princess Diamond



Emerald Diamond



Cushion Diamond



Heart Diamond



Pear Diamond



Marquise Diamond



Oval Diamond



Radiant Diamond



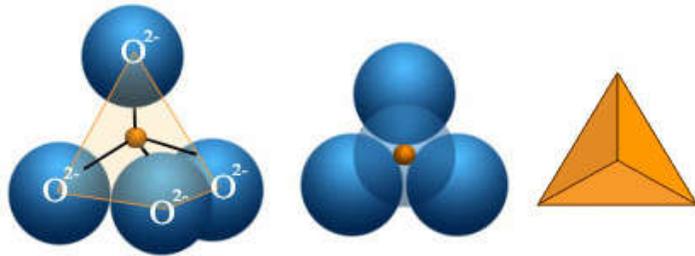
Asscher Diamond



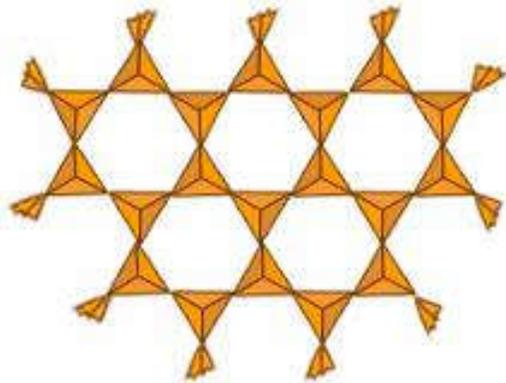
Il taglio sceglie il cliente

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

Silicati: SiO₂

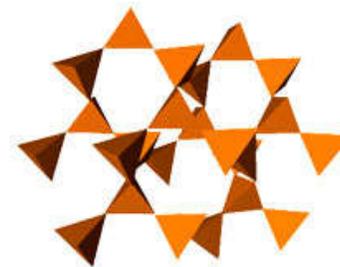


1) Granati: tetraedri SiO₄⁻² con gli ioni Fe⁺, Al⁺ etc.

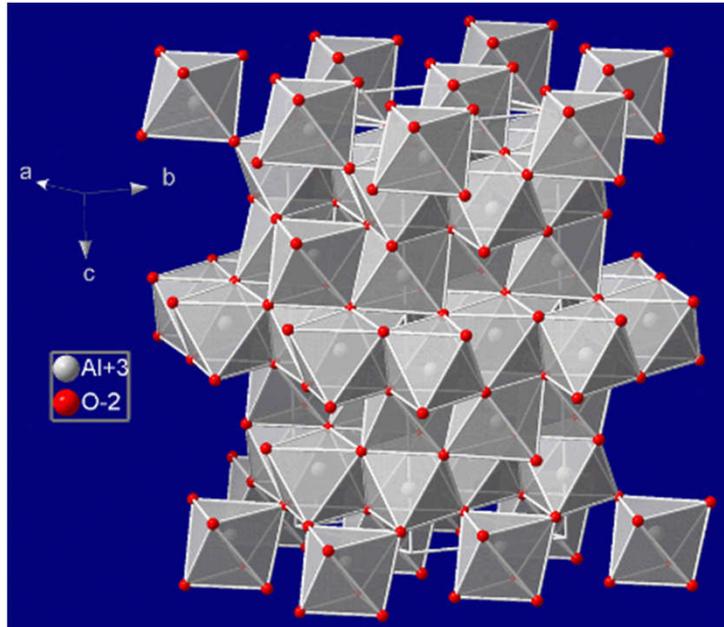


2) Struttura 2D (mica, argilla)

3) Struttura 3D (quarzo)

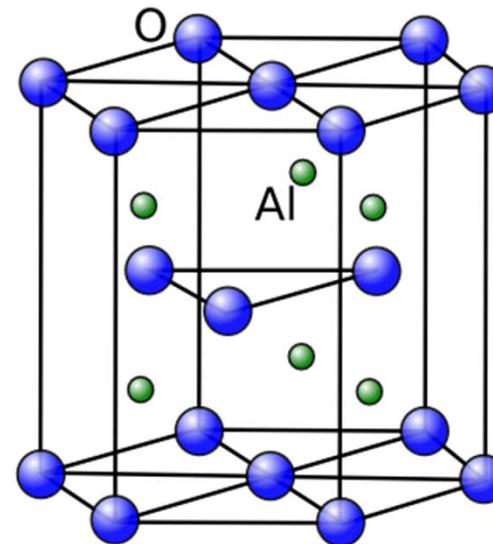


Corindone (topazio, rubino) = Al_2O_3

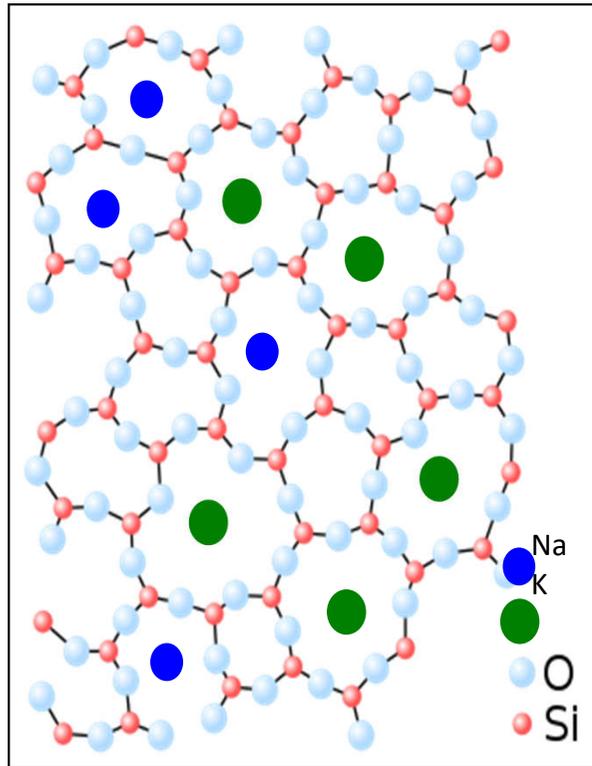
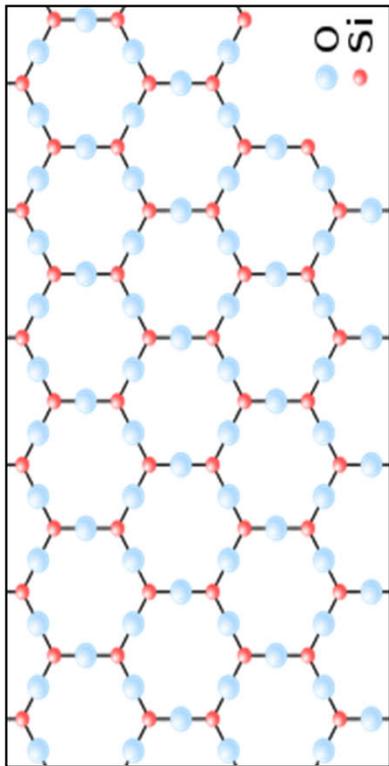


Struttura Al_2O_3 : esagonale di ioni O^{2-} con ioni Al^{3+} a 2/3 delle lacune

Durezza di Mohs 9
Temp. di fusione 2044°C



Il vetro – un solido o un liquido molto raffreddato?



Il reticolo di SiO₂ 'gonfiato' dalla presenza di atomi 'ingombranti': Na e K

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

Composizione di vetri (%)

Vetro	SiO₂	ZnO	B₂O₃	Fe₂O₃	Na₂O	Al₂O₃	BaO	CaO	PbO
vycor*	96		3		0.4	<1			
pyrex	80-81		12-13		4				
crown Zn	55-65	5-15	poco			poco			
crown Ba	31		12			8	48		
Crown	75				9	11			
crown Pb	75	3			16			8	13
flint	65								35
ferro	67			15	18				
Fibre ottiche	54		8			15		22	
Na finestre	75				17			8	

Per gli Egizi era la sabbia, che si è fusa con le ceneri del focolare

Le bottiglie dei Romani (azzurro-verdi)

Table 1.
Sample analyses

	G6106	G13125	G3622	G14114	G14131
SiO ₂ /wt%	69.0	69.0	69.4	69.4	67.1
Al ₂ O ₃ /wt%	2.3	2.6	2.3	2.1	2.6
Fe ₂ O ₃ /wt%	0.49	0.64	0.80	0.74	0.33
MgO/wt%	0.49	0.59	0.48	0.47	0.55
CaO/wt%	6.2	6.7	6.3	6.0	9.3
Na ₂ O/wt%	18.2	17.3	17.4	18.2	16.6
K ₂ O/wt%	0.52	0.74	0.54	0.50	0.52
TiO ₂ /wt%	0.08	0.10	0.08	0.08	0.05
P ₂ O ₅ /wt%	0.09	0.12	0.10	0.09	0.08
MnO/wt%	0.35	0.51	0.46	0.37	0.92
SO ₃ /wt%	0.37	0.22	0.36	0.30	0.23
Cl/wt%	1.4	1.1	1.2	1.2	1.6
Sb ₂ O ₃ /wt%	0.37	0.28	0.35	0.43	0.00

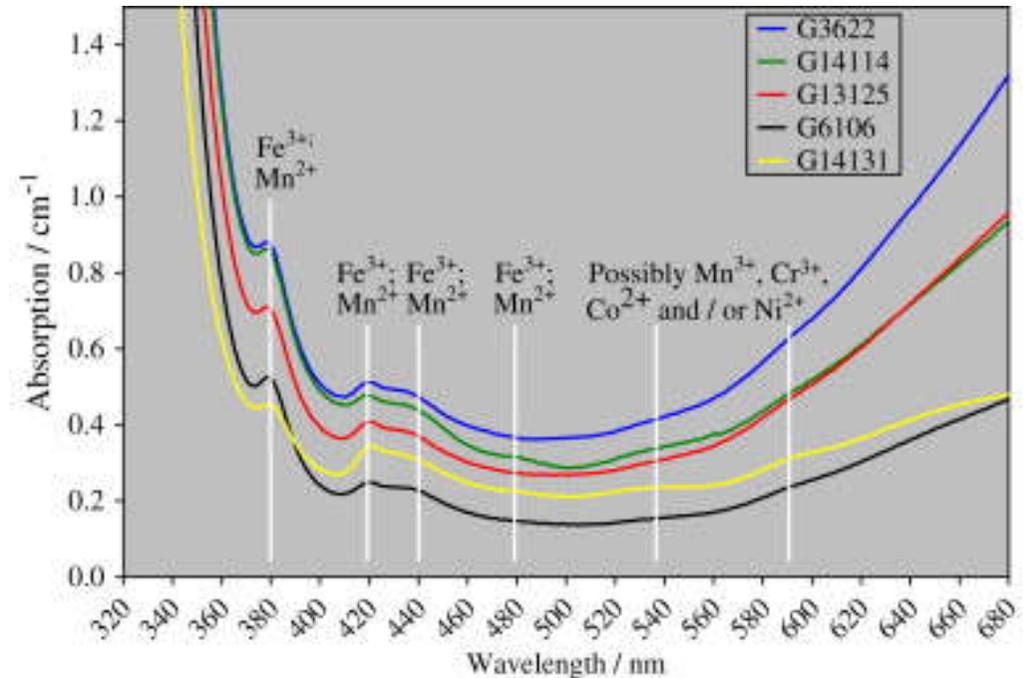


Fig. 3. Reflection-corrected, normalised visible wavelength optical absorption spectra.

Il colore deriva dalla presenza di ossidi Fe₂O₃ e MnO. In quarzo, lo stesso ossido Fe₂O₃ dà una colorazione violetta. Il vetro I-II secolo d.C.



Museo del vetro Sosnowiec (PL)



https://wikizaglebie.pl/wiki/Pa%C5%82ac_Schoena_Muzeum_w_Sosnowcu
<https://ireland.apollo.olxcdn.com/v1/files/yinmr90f2rct3-PL/image;s=516x361>

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/>



Il duomo di Murano

Fondata forse nella metà del VII secolo (dal 999 è una promessa del pievano Michele Monentario al vescovo di Torcello), la chiesa fu inizialmente dedicata a Santa Maria. Ad essa, nel 1125, fu associato San Donato martire, vescovo di Evorea, quando il corpo del santo fu trasportato da Cefalonia, dopo che la città fu conquistata da parte dell'armata navale comandata dal Doge di Venezia Domenico Michiel.

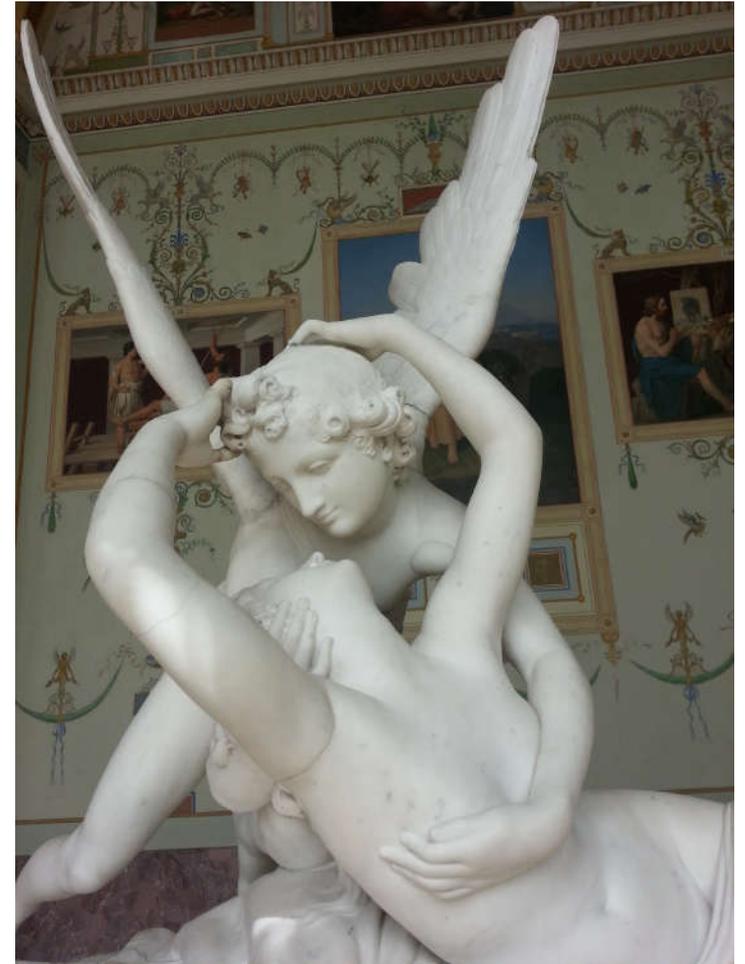
https://it.wikipedia.org/wiki/Duomo_di_Murano

<https://www.flickr.com/photos/rhugo/4011716592/>

Porcellana, faenza, ceramica, marmo



Andrea della Robbia, La Verna



Canova «Ermitage» S. Pietroburgo, foto MK

Porcellana

Componenti:

kaolino $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ – „Kao-Lin”

Componente principale = legante

argille (kaolino con aggiuntivi, e.g. Fe_2O_3)

Feldspato (ted. Feldspat, ing. feldspar,

e.g.. ortoclasio $(\text{K}, \text{Na})_2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$

o plagioclasio $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$)

- *aiuta la fusione*

quarzo SiO_2 - assicura la vetrificazione

Influence of macroscopic residual stresses on the mechanical behavior and microstructure of porcelain tile-

[Journal of the European Ceramic Society](#)

[Volume 28, Issue 13](#), September 2008, Pages 2463-2469

Agenor De Noni Jr.^a, Dachamir Hotza^b, Vicente Cantavella Soler^c and Enrique Sanchez Vilches^d

^aInstituto Maximiliano Gaidzinski (IMG), 88845-000 Cocal do Sul, SC, Brazil

^bUniversidade Federal de Santa Catarina (UFSC), 88040-900 Florianópolis, SC, Brazil

^cInstituto de Tecnología Cerámica (ITC), 12006 Castellón, Spain

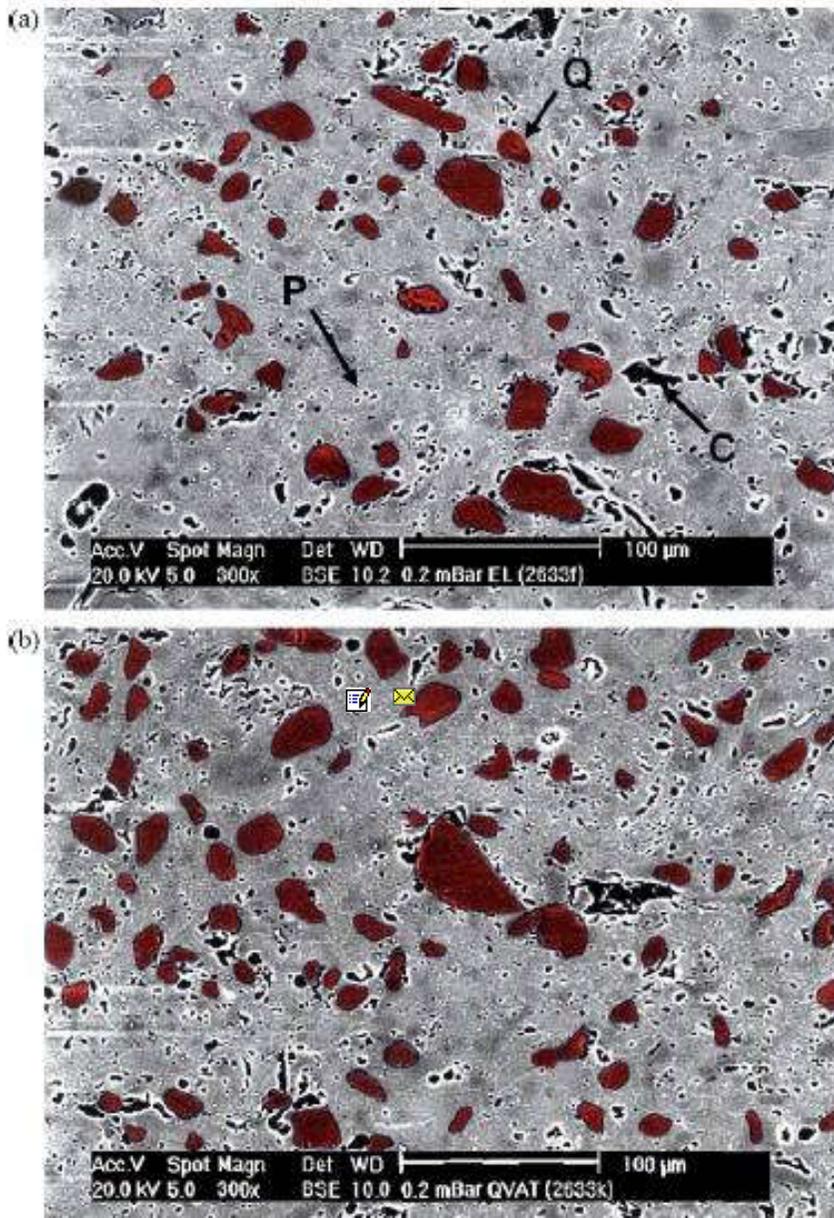
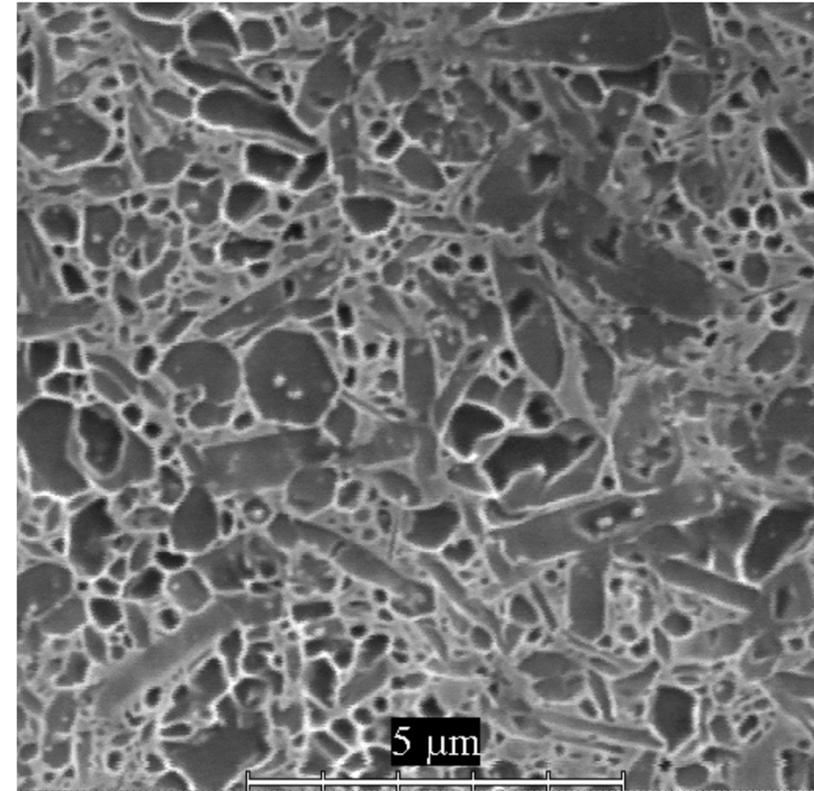
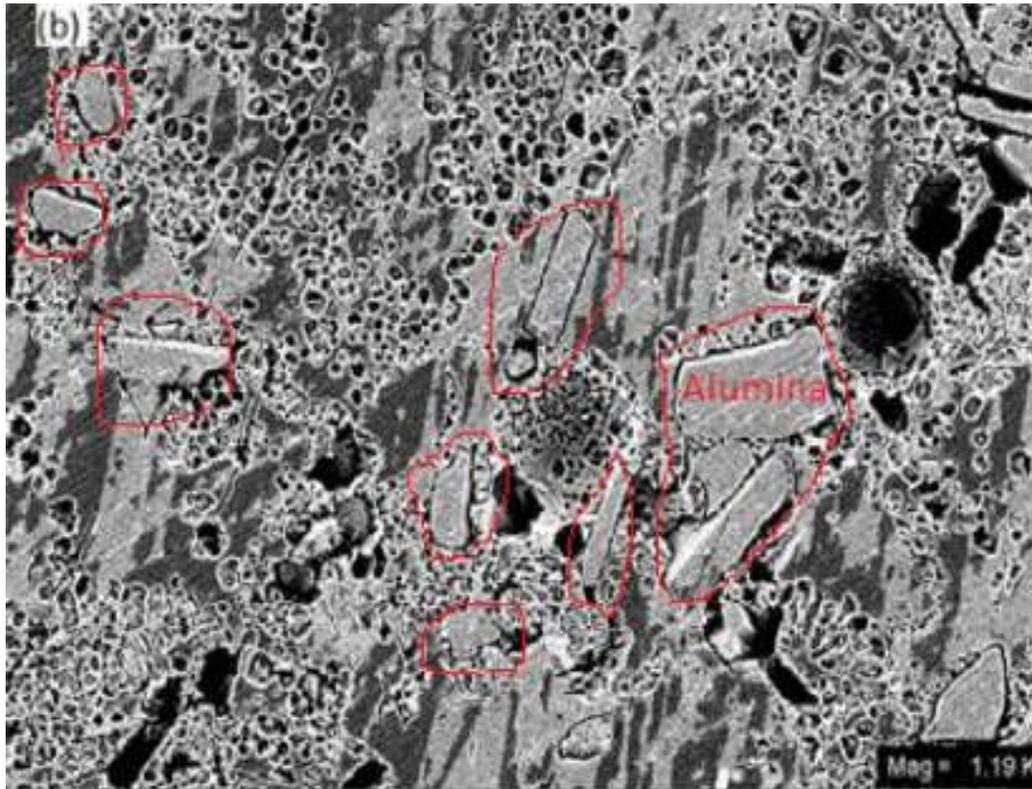


Fig. 9. Microstructural regions quantified by image analysis. (Q) Quartz particles, (P) porosity, (C) chipping. (a) E1 slow cooling and (b) E5 rapid cooling. Magnification 300 \times .

Nella struttura cotta si vedono gli agglomerati di quarzo (scuri)

La microstruttura della porcellana: un cemento armato



https://www.researchgate.net/publication/265241170_Effect_of_microstructure_and_mechanical_properties_on_wear_resistance_of_silicon_nitride_ceramics_Materials_Engineering/download

1) 10% alumina porcelain at 850' C for 30 minutes

Pavol Svec et al.,
 $\text{Si}_3\text{N}_4 + \text{Y}_2\text{O}_3 (10\%) + \text{Al}_2\text{O}_3 (4\%)$
Materials Engineering, Vol. 16, 2008, No. 1

Feldspato (sasso di campagna): $(\text{Ba}, \text{Ca}, \text{Na}, \text{K}, \text{NH}_4) (\text{Al}, \text{Si})_4 \text{O}_8$

Caolinite: $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$

La 'cottura' fa separare le fasi

Nel 2012 il rover Curiosity analizzò un campione di roccia marziana dove trovò elevate percentuali di feldspati

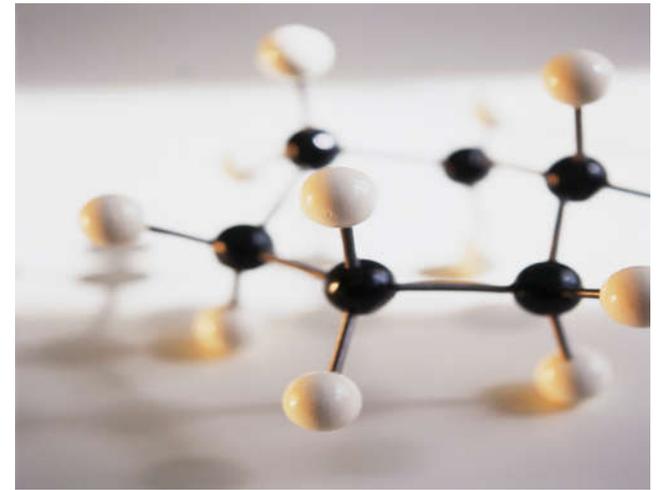
Belvedere im Schlossgarten Charlottenburg



Vedi anche: https://it.wikipedia.org/wiki/Porcellana_di_Meissen

Polimeri, compositi

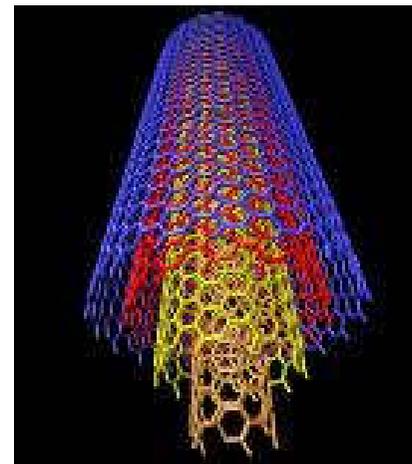
- 1) Singolo componente (termoindurenti)
- 2) Chemoindurenti (resine)



Compositi
(fibra + resina)

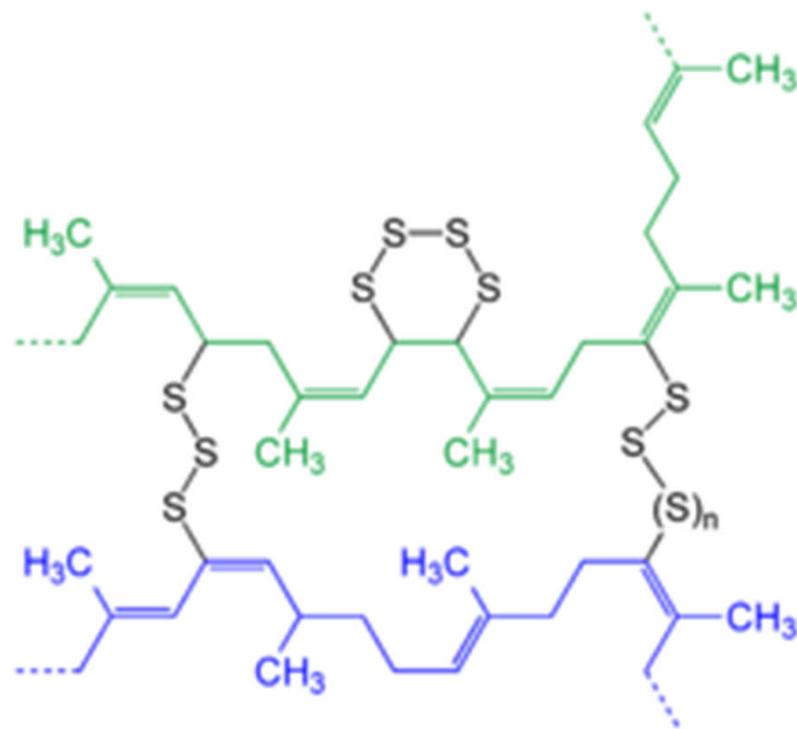


Nanopolimery



Ebanite ...

Ebanite = gomma + 30 % zolfo
Goodyear (1843)

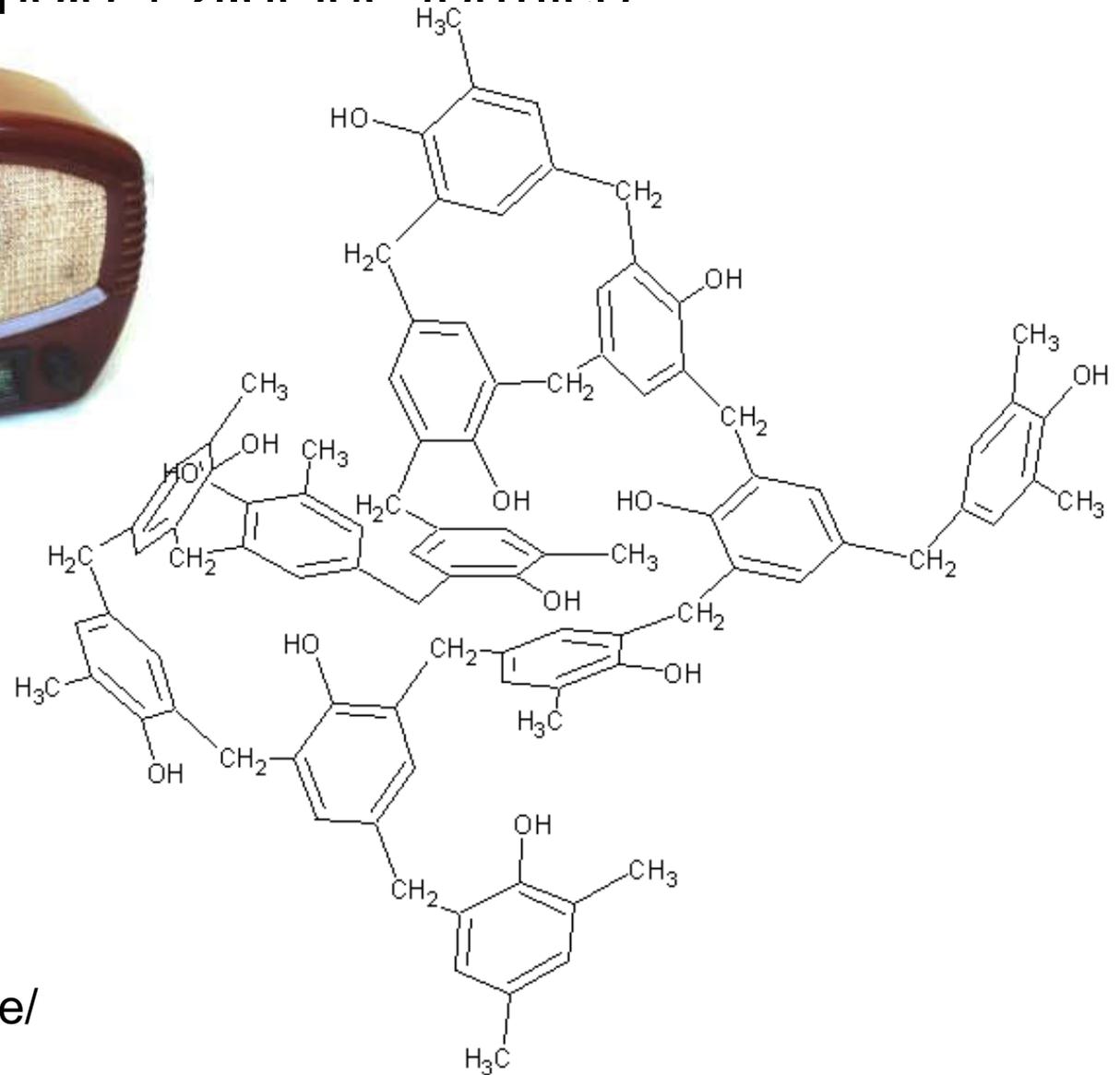


<https://www.mohwinckel.it/EN/products/semifinished/ebanite>

Bocaglio: teclacenter.com.br/boquilha-v16-a5s-ebanite-p-sax-alto-sm811s-vandoren.html

Ebanite, bakelite ...

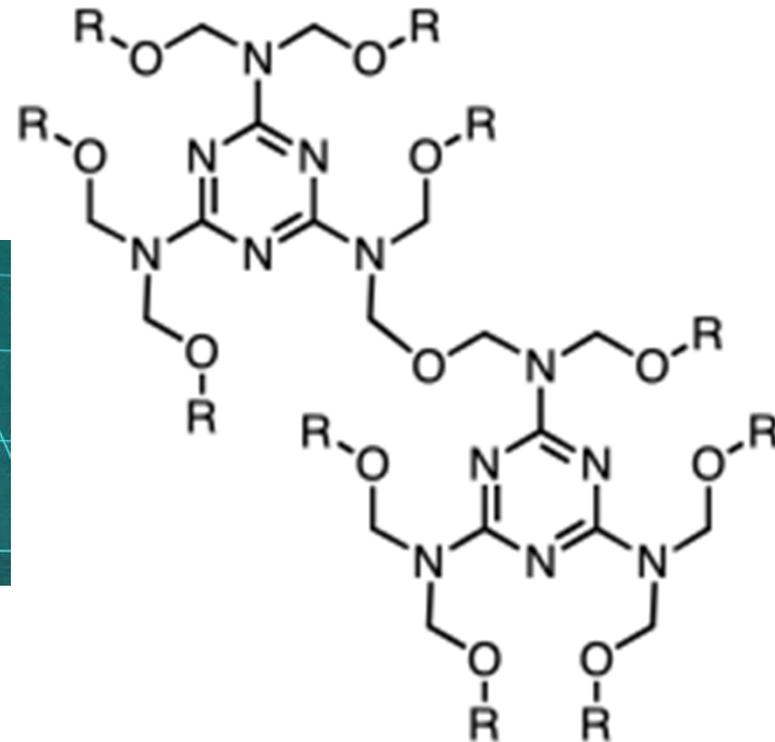
bakelite (1907) = fenolo + aldeide formico



Ebanite, bakelite, melamina

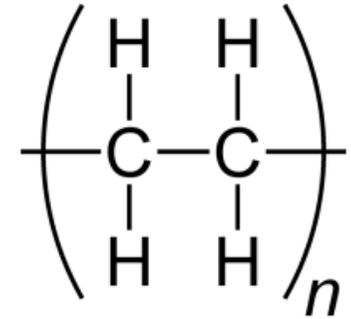
...

bakelite (1936) melamina +
aldeide formico



https://en.wikipedia.org/wiki/Melamine_resin
https://it.wikipedia.org/wiki/Polimeri_termoindurenti

Polietylene (PE)



http://www.primus.com.pl/gim/galeria/udir_1/konkursstrony/2008strony/3/polietylen.jpg



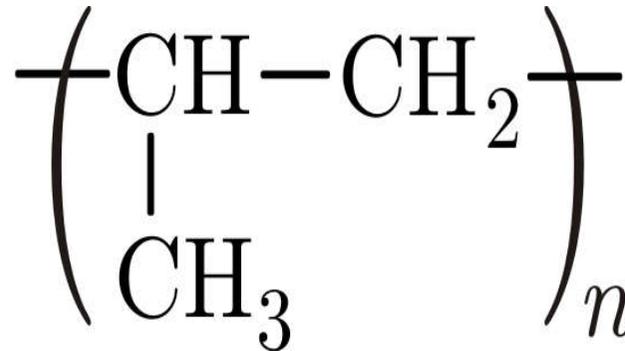
<http://wwwnt.if.pwr.wroc.pl/kwazar/materia/146187/polietylen.jpg>

- 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

Polipropilene - PP



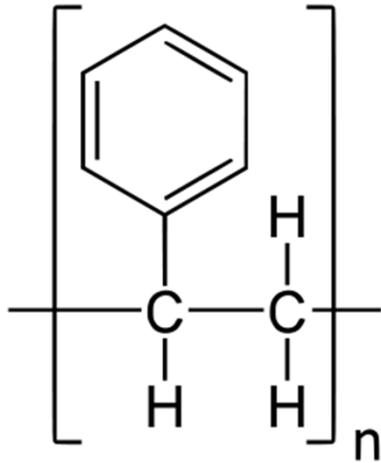
http://www.primus.com.pl/gim/galeria/udir_1/konkursstrony/2008strony/3/polipropylen.jpg



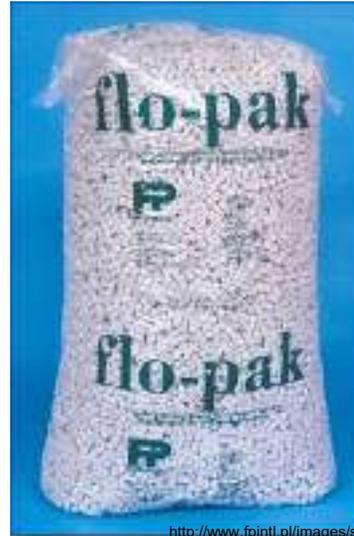
http://www.linotex.olkusz.pl/images/oferta/duze/liny_krecone_polipropylenow.jpg

- Più robusto del polietilene, simile come componenti
- Inventato da xx
- Elementi di costruzione di macchinari, tubi per acqua, fognatura, vari contenitori in cucina, contenitori per chimica, fibre etc.

Polistirene - PS



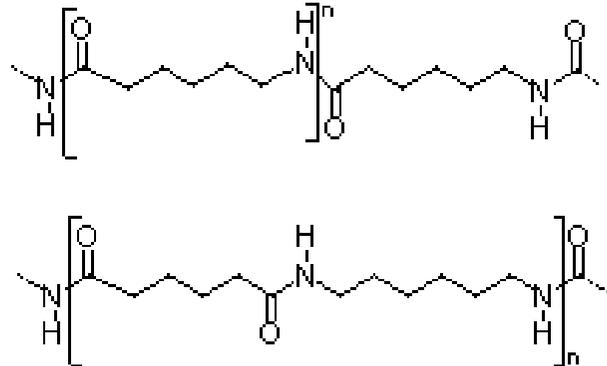
<http://www.plastech.pl/images/news/2498/basfkrones.jpg>



<http://www.fpintl.pl/images/super-8.jpg>

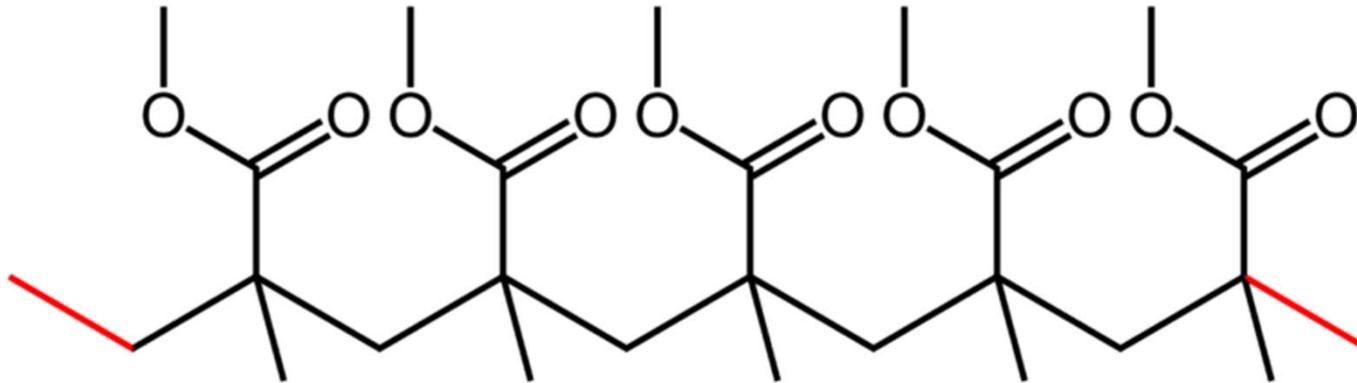
- Contiene un gruppo 'aromatico' – la forma leggera ha un profumo caratteristico
- Bello trasparente, ma più fragile del polipropilene
- Buon isolatore elettrico, anche per forni a microonde
- Nella forma 'gonfiata' usato come isolante (esterno) delle case
- Brucia producendo la fuliggine, fumo asfissiante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

Poliamidy (nylon) - PA



- Zastosowanie jako tworzywa konstrukcyjne szeroko stosowane w przemyśle. Wytwarzane w postaci folii, żyłek, włókien, proszku i bloków do obróbki mechanicznej.

Polimerkylan metylu - PMMA



- Znany też jako szkło akrylowe (pleksiglas).
- Zastosowanie: wytwarzanie płyt, szyb lotniczych, soczewek, szkieł odblaskowych i zegarowych, reflektorów, elementów dekoracyjnych.

Politetrafluoroetilene - PTFE



<http://toolmonger.com/wp-content/uploads/2008/05/TeflonTape450.jpg>

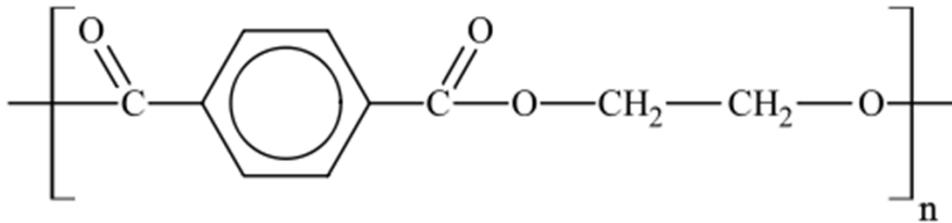


http://www.faqs.org/photo-dict/photofiles/list/4334/5774teflon_frying_pan.jpg

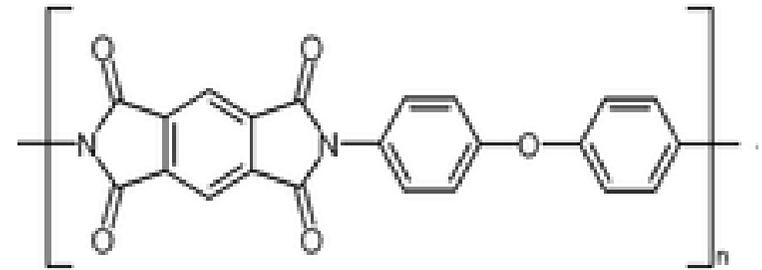
- Chiamato Teflon.
- Utilizzato per applicare rivestimenti protettivi, sigillatura, per la produzione di valvole, diaframmi di pompe, ecc.

-

Mylar, kapton, etc.



Polyethylene terephthalate (mylar)

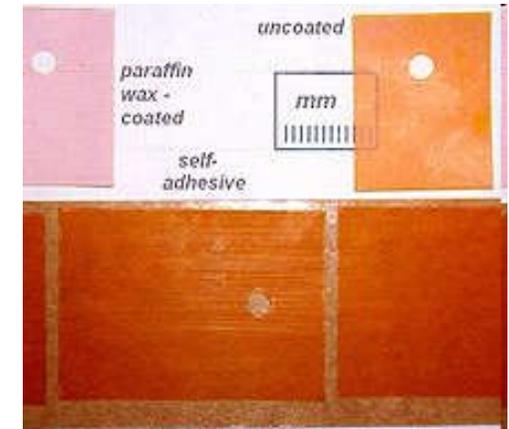
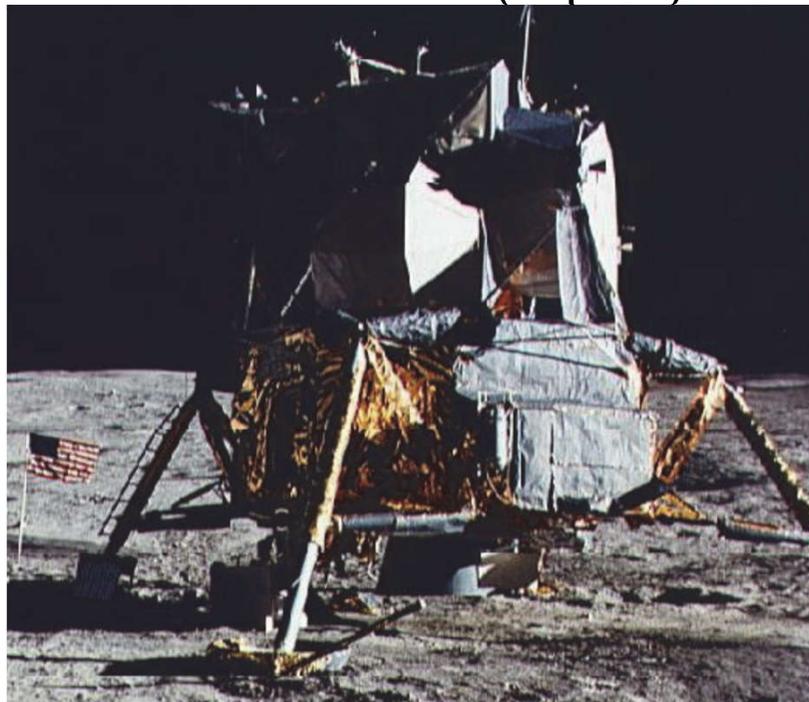


poly-oxydiphenylene-pyromellitimide (kapton)



Contenitori per alimenti
Metallizzato con Al serve
come copertura termica

<http://en.wikipedia.org/wiki/BoPET>

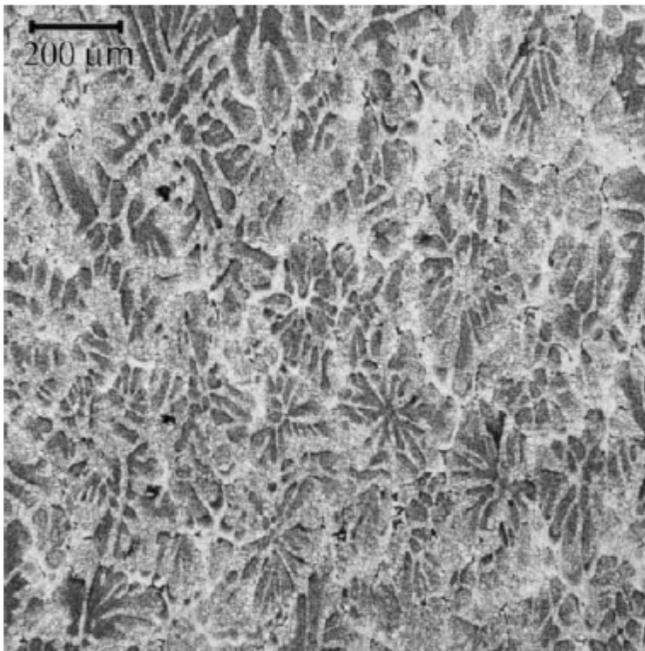


Isolante di cavi ad alta
tensione, per basse
temperature (0-700K) e
per alto vuoto

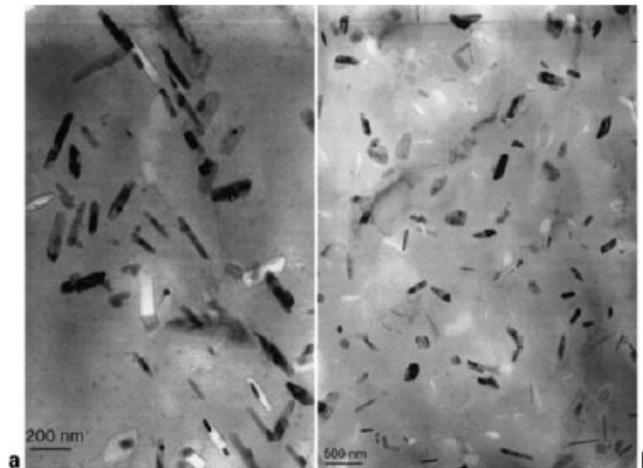
Leghe per gli aerei Al-Zn-Mg

- la fase inter-metallica Al_7Cu_2Fe e i residui di Mg_2Si
- la rete dendritica di Al_3Zr
- la durezza aumenta dopo la tempra
- la resistenza elastica (modulo di Young) aumenta col carico
- compromesso tra la resistenza meccanica e fragilità

Dumont et al. Precipitation microstructures in Al alloys 7040 and 7050 3



1 Microstructure of alloy 7050 after a slow quench: optical micrograph after orthophosphoric etching revealing the distribution of quench-induced particles. These particles are located in the high density regions of Al_3Zr particles, i.e. in the former dendrite interiors of the solidification microstructure, flattened by the rolling process



2 Bright field TEM micrographs of the microstructure of alloys a 7040 and b 7050 after a slow quench. Alloy 7040, which has a low quench sensitivity, shows narrow bands of coarse precipitates. Alloy 7050 is largely covered by wide bands of particles. The particle size is similar in both materials

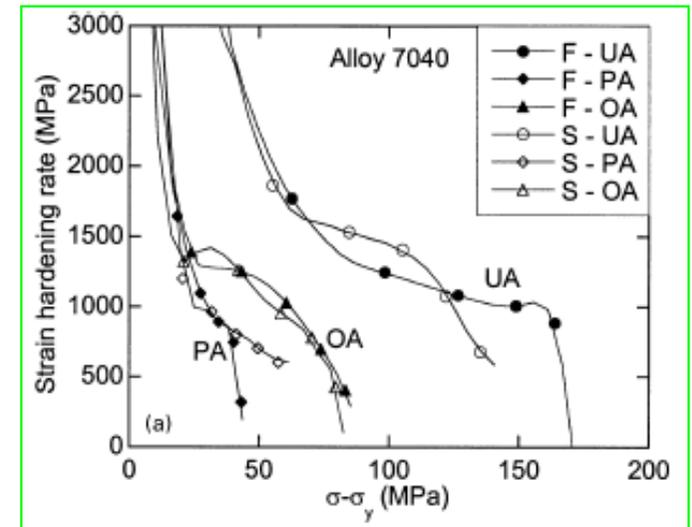
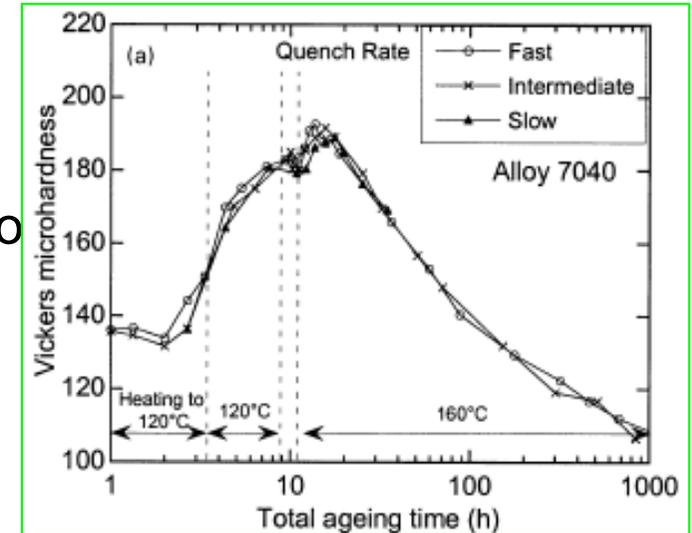
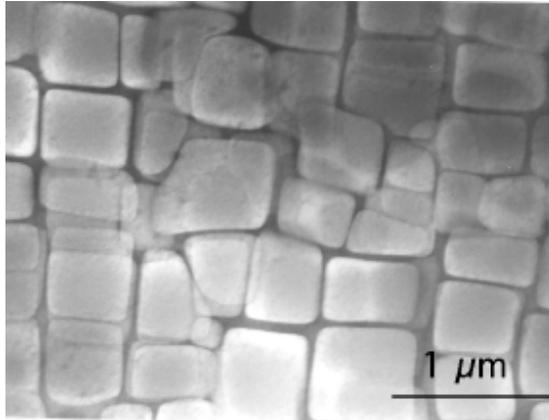


Table 1 Composition of alloys 7040 and 7050 in wt-%, balance Al

	Zn	Mg	Cu	Zr	Fe	Si
7040	6.51	2.01	1.64	0.11	0.08	0.05
7050	6.33	2.46	2.2	0.11	0.1	0.08

Super-leghe di nichel

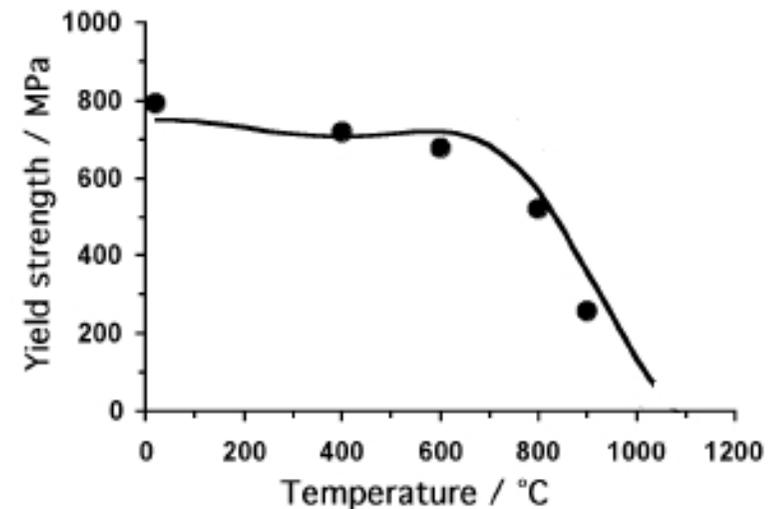
Per motori a reazione, turbine a gas etc.



Transmission electron micrograph showing a large fraction of cuboidal γ' particles in a γ matrix. Ni-9.7Al-1.7Ti-17.1Cr-6.3Co-2.3W at%. Hillier, Ph.D. Thesis, University of Cambridge, 1984.



Transmission electron micrograph showing a small fraction of spheroidal γ' prime particles in a γ matrix. [Ni-20Cr-2.3Al-2.1Ti-5Fe-0.07C-0.005 B wt%.](#) Also illustrated are $M_{23}C_6$ carbide particles at the grain boundary running diagonally from bottom left to top right.



Leghe dentistiche: sembra arte astratta

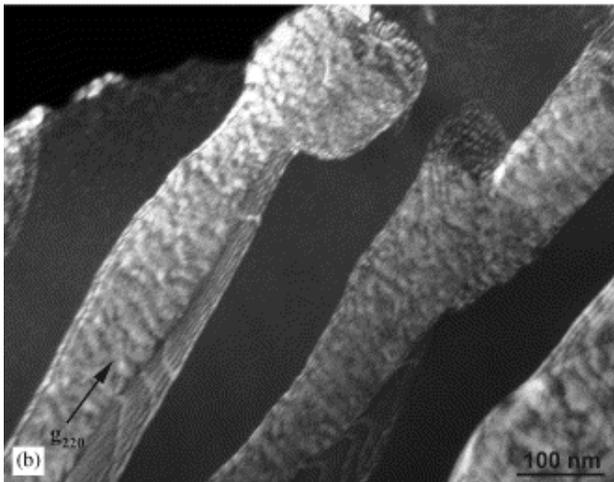
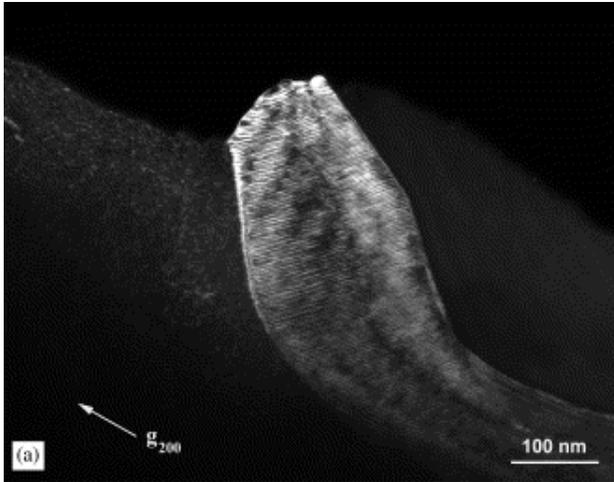


Fig. 1. Dark-field micrographs showing the morphologies of a dendrite (a) and the eutectic structure (b) in as-cast Super Star. For the two-beam condition used to obtain (b), the fct lamellae of the eutectic structure have a bright appearance and the fcc lamellae (i.e., the dark regions between the fct lamellae) are not imaged.

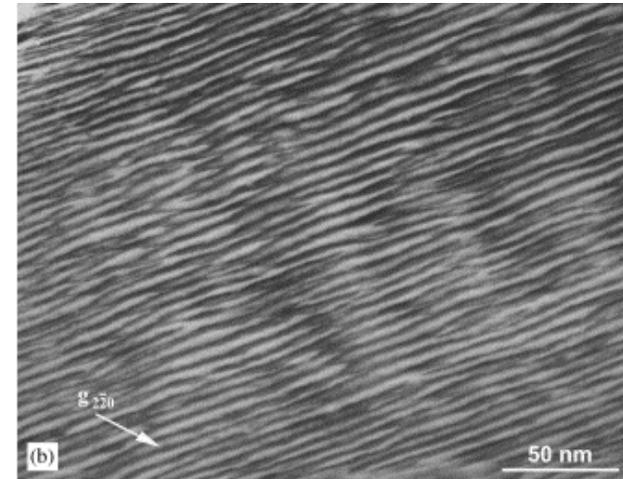
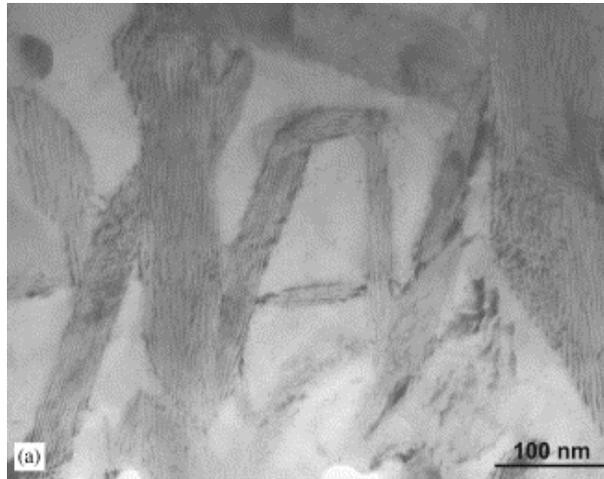


Fig. 2. Morphology of fct precipitates in the fcc palladium solid solution matrix of as-cast S-S. (a) Bright-field micrograph. (b) Higher-magnification bright-field micrograph of the striations within the precipitates.

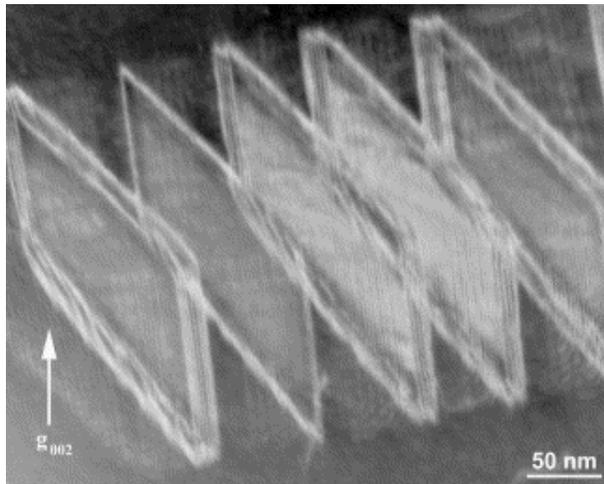
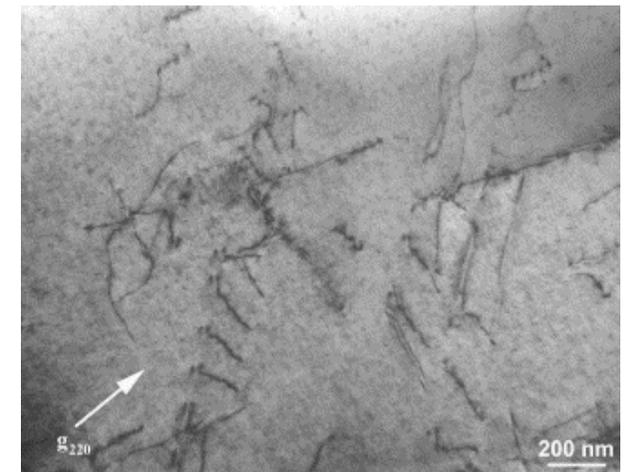


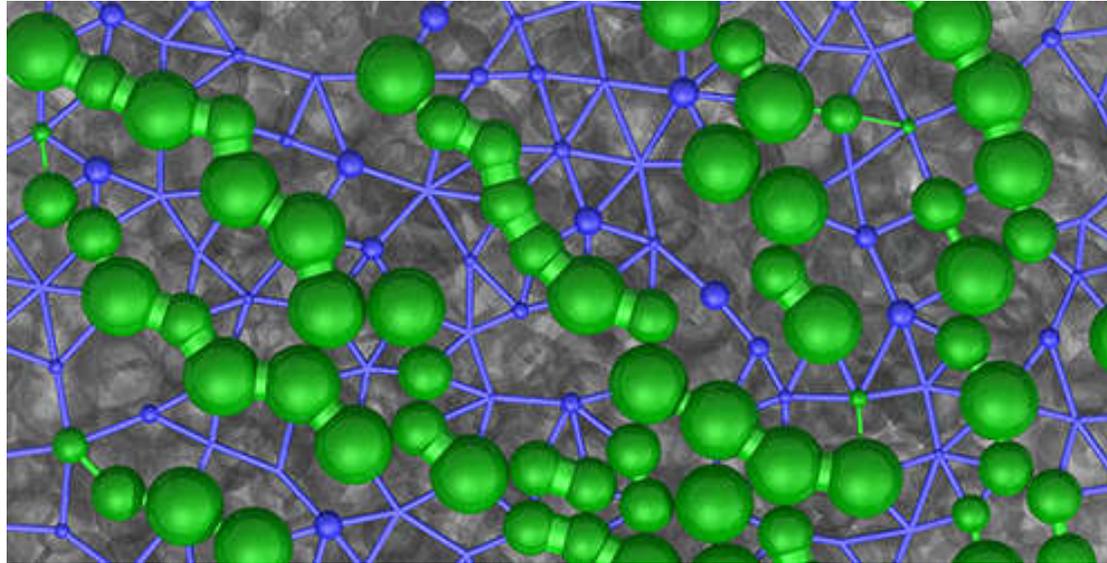
Fig. 3. Dark-field micrograph of heat-treated Super Star, showing discontinuous fct precipitates, which have rectangular platelet morphology. Dislocations are present in both the adjacent fcc palladium solid solution matrix and within the precipitates.

Fig. 4. Bright-field micrograph showing dislocations in the palladium solid solution matrix of Super Star after heat treatment simulating the firing cycles for a dental porcelain.



Appendice: Come preparare la torta?

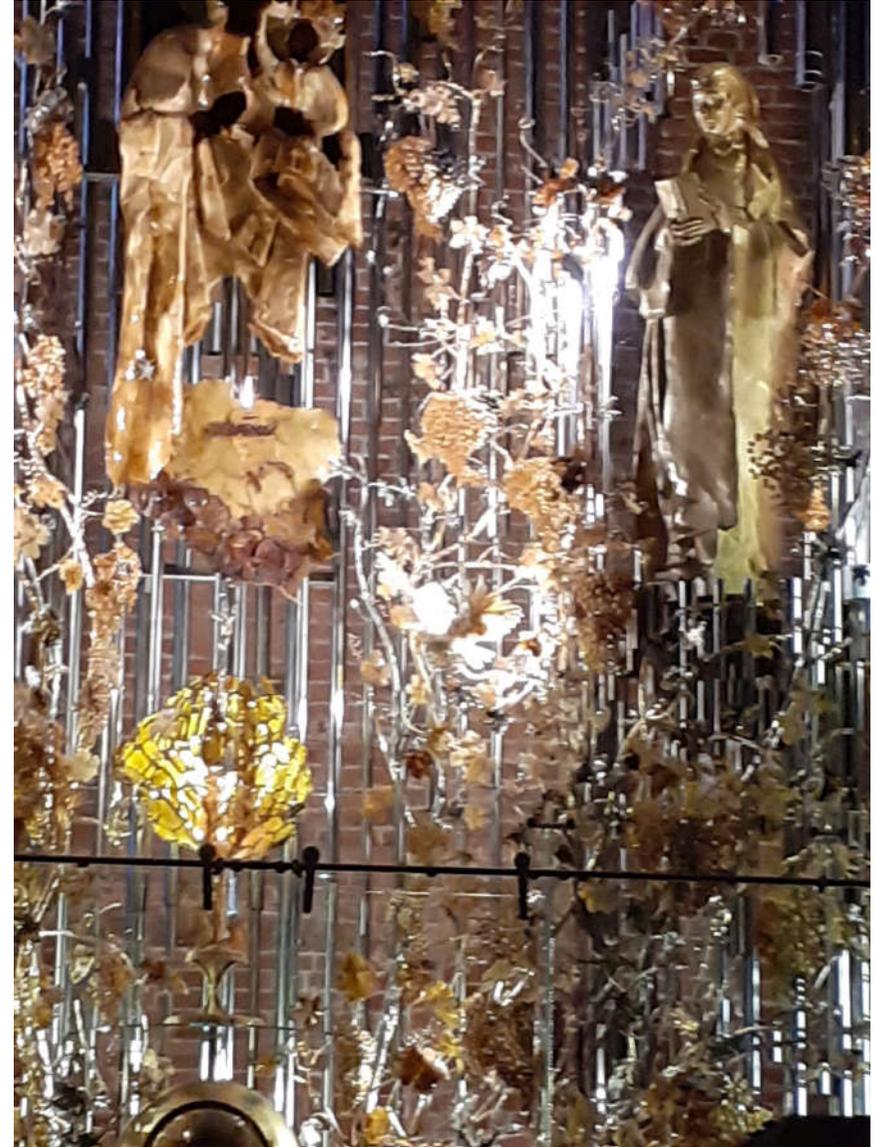
La mamma dice, che bisogna girare sempre in una direzione.
E che cose dice la fisica moderna?



Dobrze wymieszane ciasto, to *emulsja*, czyli mieszanina wody i tłuszczu, w której tworzą się długie łańcuchy molekuł.
Zmiana kierunku mieszania powoduje rozerwanie tych łańcuchów.

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