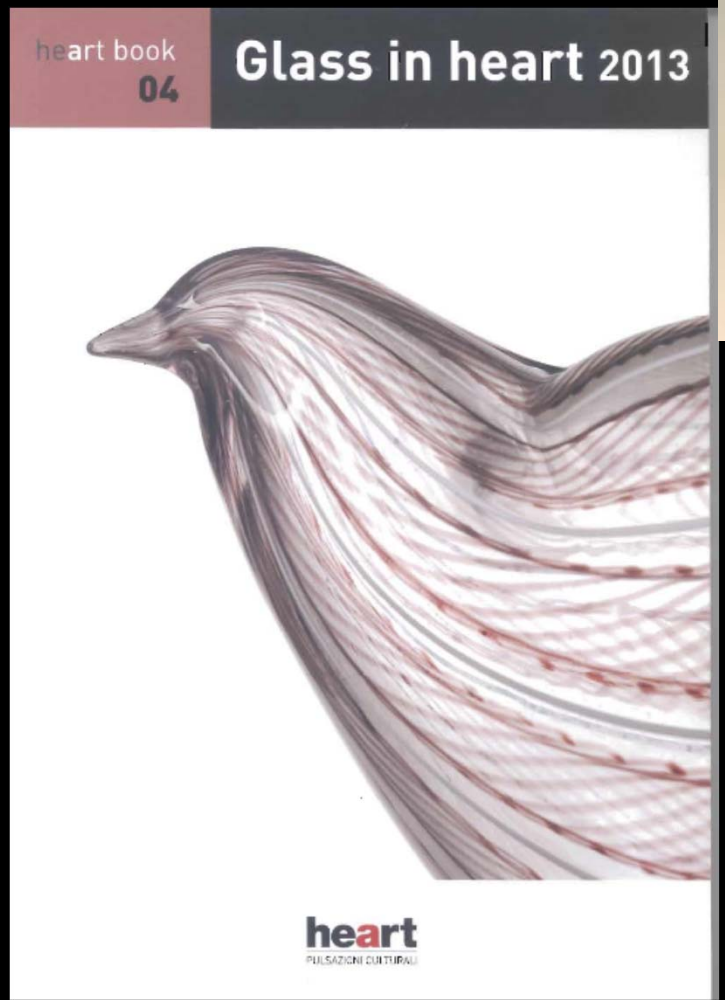
Scienza dei materiali e arte

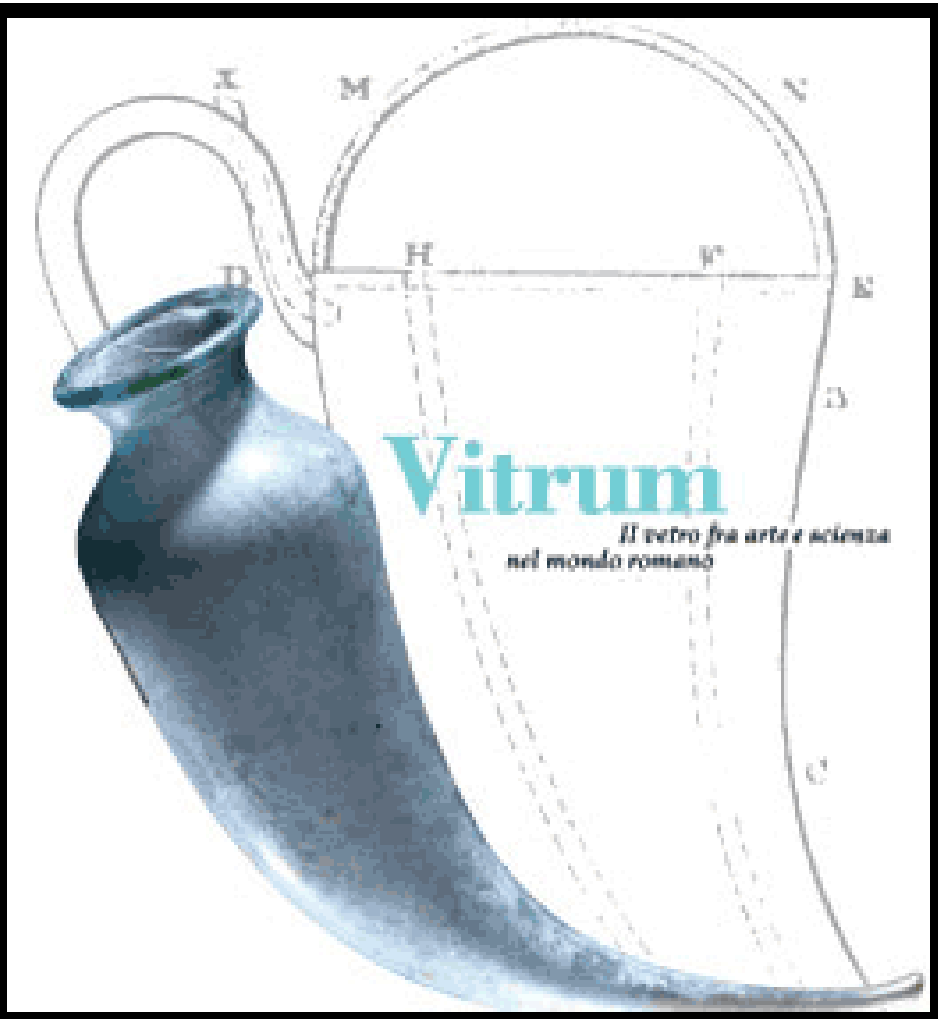
Rinaldo Psaro

Liceo Scientifico Statale «B. Croce"

Età augustea



Rovasenda (VC) balsamario vitreo a colombina I-II d.c. (Museo di Antichità di Torino) Ada Gabucci



Vitrum: Il vetro fra arte e scienza nel mondo romano

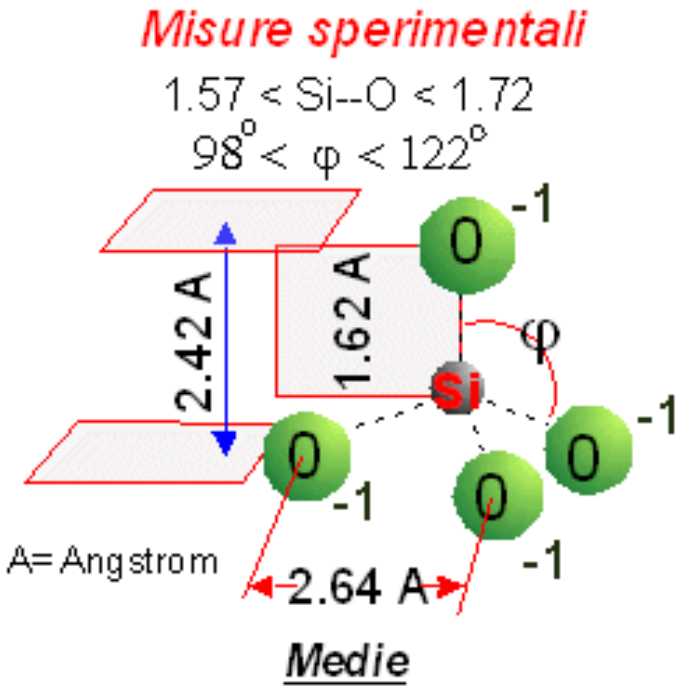
il vetro è uno dei più antichi materiali artificiali

I dati archeologici e le fonti letterarie del primo secolo d.C documentano, nelle città vesuviane e in tanti altri centri dell'impero romano, una notevole produzione e consumo di oggetti in vetro. In molti musei è possibile osservare la straordinaria quantità e varietà di questi manufatti, solitamente esposti perché se ne ammirino la forma, il colore, la decorazione.
L'impressionante progressiva diffusione degli oggetti in vetro dipese, in realtà, da una profonda innovazione tecnologica legata a precise indagini sperimentali e, in non pochi casi, a un approfondimento teorico sulla composizione della materia e la sua funzionalità scientifica. La tecnica della soffiatura e l'attenzione prestata dai filosofi antichi alla spiegazione della composizione ultima della materia favorirono uno straordinario incontro tra arte e scienza, tra la destrezza dell'artigiano e l'ingegno del filosofo.

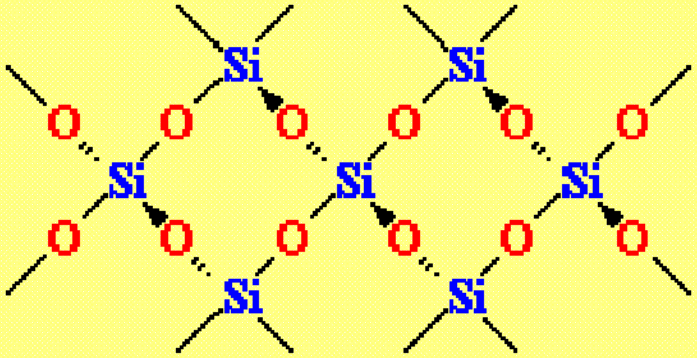
Il termine vetro viene usato convenzionalmente per descrivere uno stato della materia. Questo stato, noto altrimenti come “stato vetroso”, è quello che si realizza allorché un liquido sottoposto a raffreddamento incrementa a tal punto la propria viscosità che pur rimanendo formalmente un liquido acquista apparentemente le proprietà fisiche di un solido.

Il vetro è una sostanza allo stato solido amorfo, cioè un materiale rigido costituito di unità strutturali non organizzate secondo l’ordine geometrico tipico dello stato cristallino. A differenza dei solidi cristallini, per un vetro non si parla di temperatura di fusione o di solidificazione ma di un intervallo di temperature, chiamato intervallo di trasformazione, in cui avviene la solidificazione. La temperatura alla quale la massa fusa solidifica, detta temperatura di transizione vetrosa, dipende dalla composizione chimica del fuso vetroso e dalla velocità di raffreddamento.

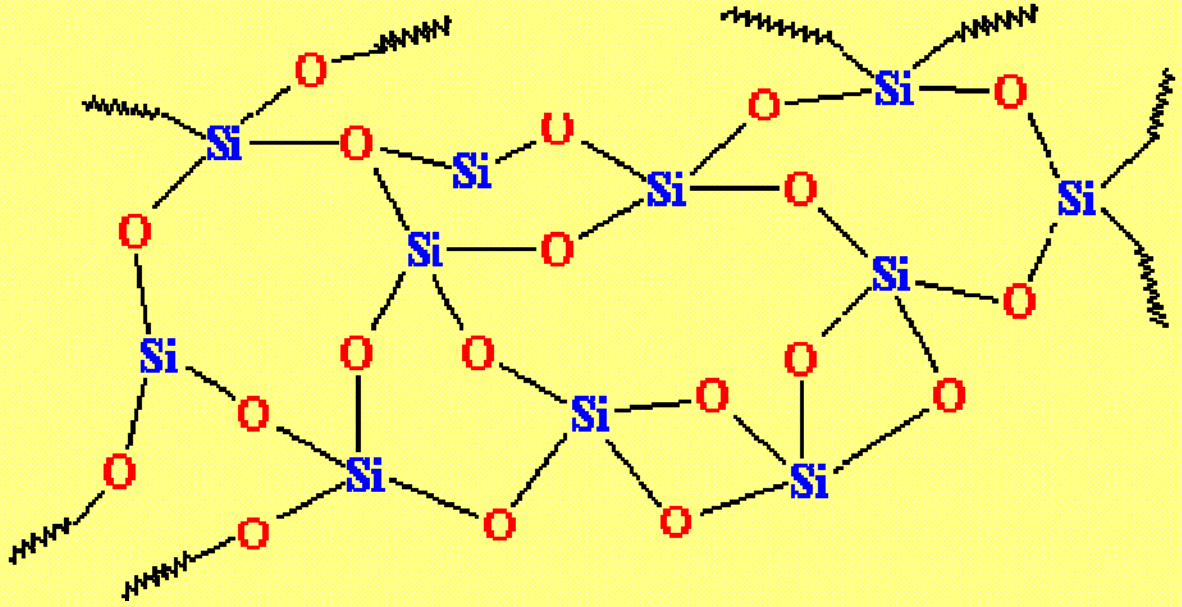
*Il **vetro è un materiale solido amorfo, prodotto dalla** rapida solidificazione di materiale viscoso.*
*Comunemente con il termine **vetro si intende vetro siliceo,** cioè costituito quasi esclusivamente da biossido di silicio (la silice, la cui forma cristallina è il quarzo) e dalla sua forma policristallina, la sabbia. In forma pura, la silice ha un punto di fusione di circa 2000 °C ma vengono aggiunti carbonato di sodio o di potassio e calce che abbassano il punto di rammollimento a circa 1000 °C.*



tetraedro $[SiO_4]^{-4}$

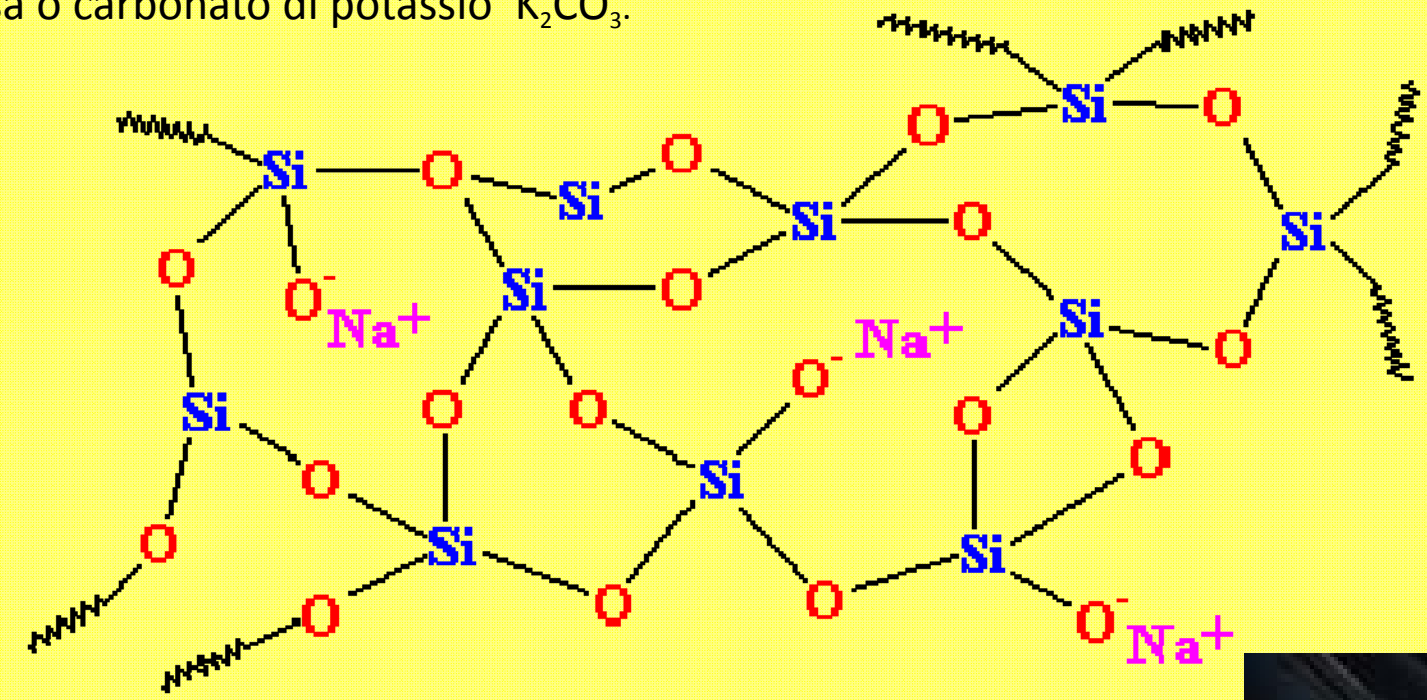


SiO_2 in it's crystalline form, quartz.

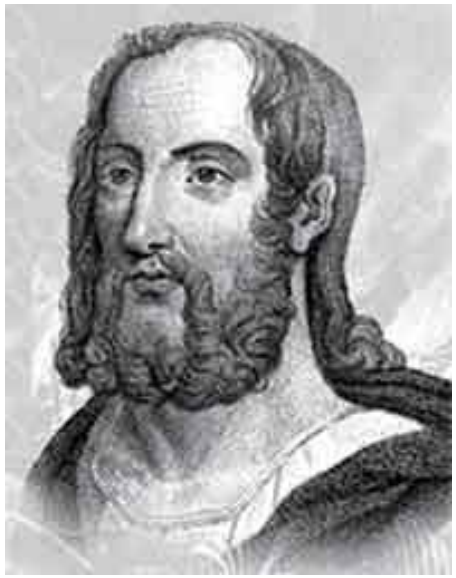


Come potete vedere non c'è alcun ordine nella disposizione degli atomi.
I materiali come questo sono detti amorfi.

Per abbassare la temperatura di fusione del quarzo (circa 1700 °C) si aggiunge un fondente, generalmente l'ossido di sodio. Qualunque sia la sua origine, naturale o artificiale, la soda (carbonato di sodio Na_2CO_3), a circa 800°C, si decompone in anidride carbonica (gas) ed ossido di sodio. Quest'ultimo ha la capacità di reagire, allo stato solido, con la silice trasformando il quarzo in silicati di sodio che fondono a più bassa temperatura. Allo stesso modo si comporta la potassa o carbonato di potassio K_2CO_3.



Il fondente in epoca romana ed altomedioevale era il natron, carbonato di sodio naturale che si trova nei laghi salati del Medio Oriente. Il vetro, fuso in Siria, Egitto o in Libano con sabbie siliceo-calcaree locali, veniva esportato sottoforma di blocchi di vetro grezzo per essere rifuso e lavorato in centri vetrari diffusi in tutto il bacino del Mediterraneo e nel nord Europa.

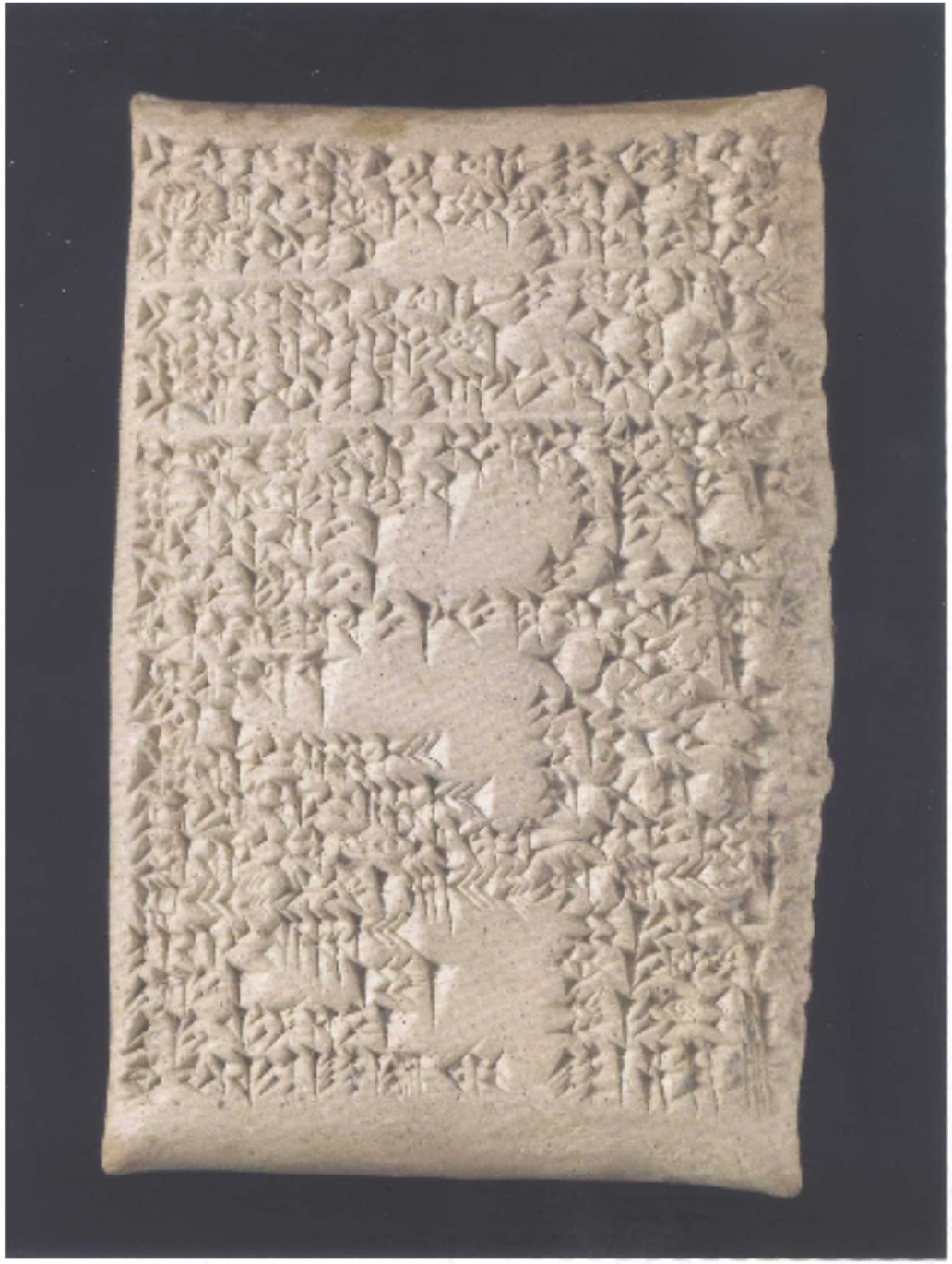


I FENICI?

Si racconta che una volta vi attraccò una nave appartenente ad alcuni mercanti di natron, ed essi si sparpagliarono lungo la spiaggia per preparare un pasto. Tuttavia, non trovando pietre adatte a sostenere i loro calderoni li poggiarono su blocchi di soda che facevano parte del loro carico. Quando questi si scaldarono e si mescolarono completamente con la sabbia della spiaggia, ne scorse a rivoli un liquido translucido, e questa si dice fu l'origine del vetro.

Naturalis Hystoria, XXXVI,XVI, 191

Alcuni frammenti scoperti nell'odierno Iraq suggeriscono che la produzione di vetro sia cominciata attorno al 1500 a. C. in Mesopotamia e che per molti secoli sia rimasta un segreto accuratamente custodito. Un nuovo studio rivela ora che gli antichi egiziani erano già in grado di produrre vetro pochi anni dopo i mesopotamici, e che usavano questa tecnologia per estendere la propria influenza attraverso il Mediterraneo e il Medio Oriente. La scoperta è stata descritta il 17 giugno 2005 su Science. Alcuni artefatti disseppelliti nella parte orientale del delta del Nilo mostrano che in quella regione il vetro veniva prodotto a partire da materie prime attorno al 1250 avanti Cristo. Gli artefatti sono stati trovati presso l'antica capitale del faraone Ramses II. Le rovine rappresentano il più antico sito di fabbricazione di vetro conosciuto al mondo, l'unico che risale all'età del bronzo.



Tavoletta cuneiforme mesopotamica proveniente da Tell Umar con la ricetta per la produzione del vetro rosso, 1400-1200 a.C., Londra , The British Museum

Il vetro si ottiene per fusione in un forno ad alta temperatura di una miscela omogenea di minerali (miscela vetrificabile), detti materie prime, mescolati in opportune proporzioni in peso, e **di rottame di vetro.**

Fino alla fine del XVIII secolo, le ceneri vegetali, la silice e pochi altri composti erano praticamente gli unici componenti della miscela. Ma, da quando la scienza ha sviluppato la chimica moderna, anche l'industria vetraria ha fatto rapidi progressi ed i suoi prodotti hanno raggiunto già verso la fine del XIX secolo un alto grado di diversificazione e perfezione.

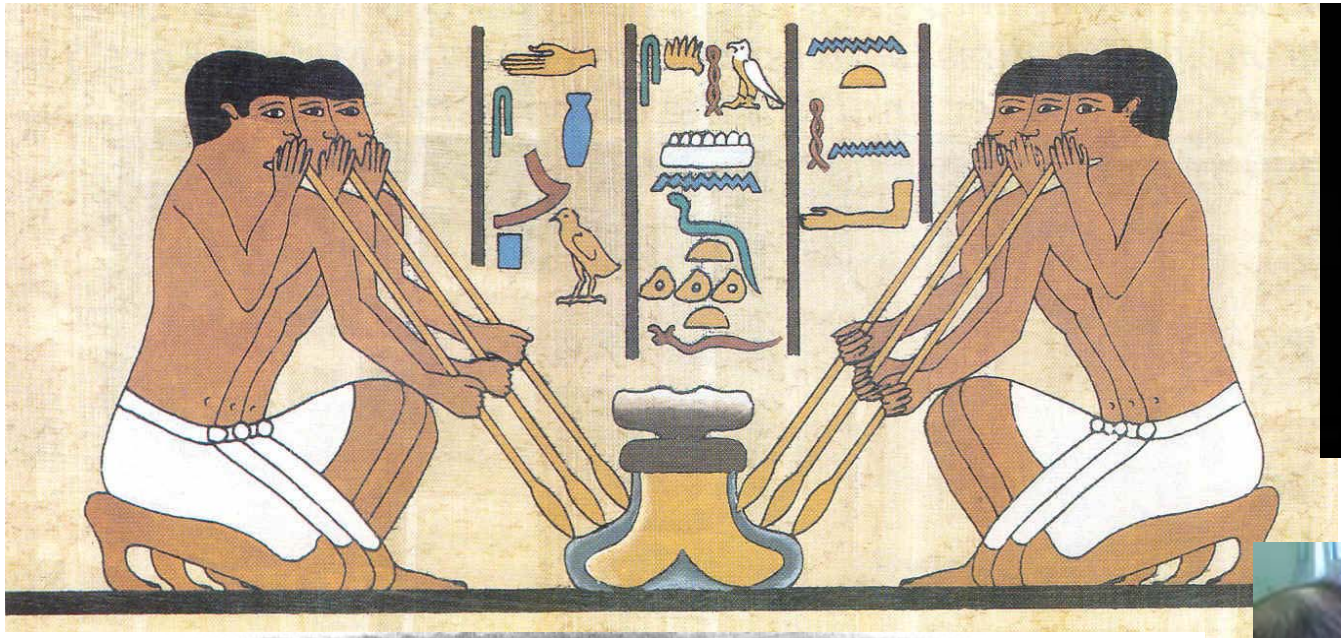
Poco o nulla sappiamo dei forni fusori per vetro fino all'invenzione della canna da soffio nel I secolo a.C. Da quel momento e fino al VII-VIII secolo, la produzione vetraria crebbe in modo quasi industriale. Furono utilizzati grandi forni a vasca (i resti di alcune strutture sono state trovate in Palestina ed Egitto) in grado di produrre fino a 10 tonnellate di vetro. Terminata la fusione, che doveva durare diversi giorni se non settimane, il forno veniva spento, demolito, e la grande lastra di vetro grezzo (raggiungeva lo spessore di alcune decine di cm) era rotta in blocchi. Questi ultimi venivano trasportati verso i centri secondari dove il vetro era rifuso in crogioli posti in piccoli forni per essere modellato.

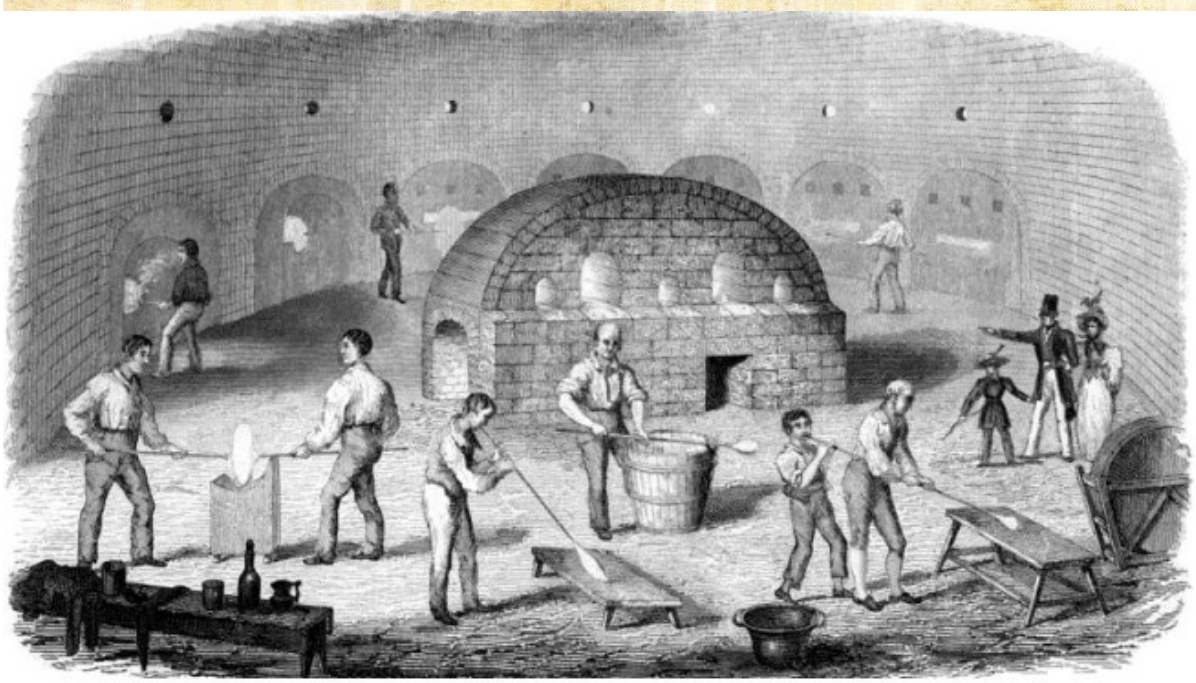
Intonaco dipinto
Pompei, Casa delle Quadrighe (VII, 2, 25), dal triclinio I secolo d. C.

Pompei, Insula Occidentalis

Questi blocchi di vetro fuso venivano usati dai vetrai di Pompei per la lavorazione finale del vetro. L'analisi della loro composizione chimica ha confermato che contengono materie prime provenienti dal Medio Oriente. Questo dimostra che il vetro grezzo veniva prodotto in noti siti del mediterraneo come Sidone e Alessandria d'Egitto per poi essere esportati nelle officine secondarie dell'impero dove i blocchi venivano colorati e lavorati.

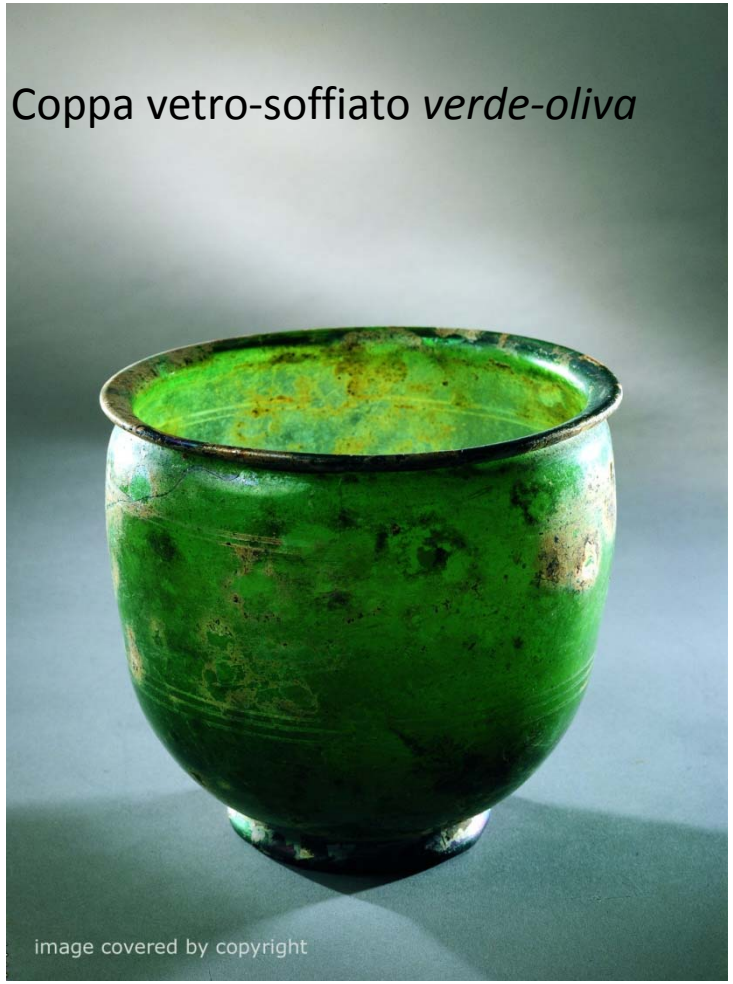
La comparsa della rivoluzionaria tecnica della soffiatura è attestata da Plinio anche in relazione all'ambiente vesuviano, dove furono introdotti notevoli perfezionamenti. A seguito di questi progressi tecnologici i prodotti dell'arte vetraria subirono una straordinaria diversificazione: ogni sorta di recipienti, da mensa o da conservazione, tessere musive usate per decorare sontuosamente le pareti dei palazzi, perfette contraffazioni di gemme, lastre da finestra di grandi dimensioni, erano solo alcuni dei manufatti che, dopo l'introduzione della tecnica della soffiatura, invasero il mercato del Mediterraneo. A questa varietà si aggiunsero i progressi delle conoscenze sulle proprietà coloranti degli ossidi metallici, capaci di offrire al vetro sfumature e colori ancor oggi difficilmente eguagliabili.





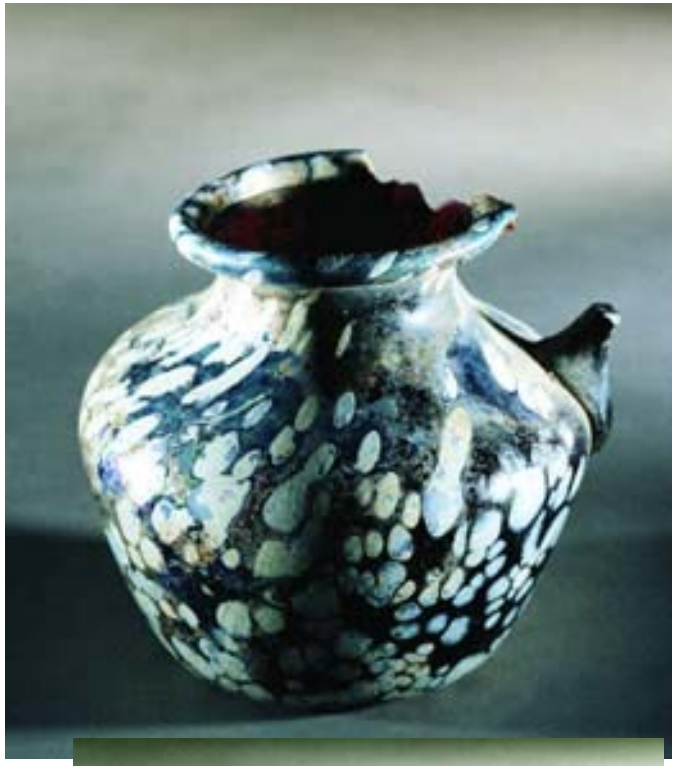
Il vetro *formato* (soffiato, stampato, ecc.) conserva ancora una elevata temperatura (500-600°C) e non potrebbe resistere ad un rapido raffreddamento spontaneo. Essendo un cattivo conduttore termico, la superficie si raffredderebbe rapidamente a differenza della massa e l'insorgere delle tensioni interne determinerebbe la rottura dell'oggetto.
Si procede perciò ad un lento raffreddamento, chiamato impropriamente *tempera o ricottura* con speciali forni.

Coppa vetro-soffiato *verde-oliva*



Balsamario *Vetro giallo-scuro*

Brocchetta monoansata
Vetro soffiato di colore blu scuro chiazzato in bianco



Pisside
Vetro a nastri d'oro e policromi

Brocca monoansata
Vetro soffiato incolore con riflessi azzurri Alt. 33,5; diam. 22,4

Balsamario
Vetro soffiato incolore
Alt. 14,5; diam. 10

Una rivoluzione di costume

Durante il lungo e tranquillo periodo di pace che segue l'avvento al potere di Ottaviano Augusto (27 a. C. – 14 d. C.), a Roma e in tutte le città dell'impero si registra l'apertura di officine vetrarie. La produzione del vetro diviene una vera e propria industria i cui effetti si manifestano in vari settori della vita quotidiana.

Nei centri vesuviani e nelle popolose città dell'impero il vasellame domestico in terracotta e in metallo viene progressivamente affiancato e sostituito da quello in vetro, cui si riconoscono particolari e apprezzate caratteristiche per la conservazione di frutta, cibi, bevande, cosmetici e, in campo medico, di sostanze farmaceutiche. Da ciò deriva che anche nelle città sepolte dall'eruzione del Vesuvio del 79 d. C. si era avuto modo di osservare come il vetro fosse sostanza chimicamente neutrale, e, cosa non secondaria, quanto la trasparenza consentisse di valutare lo stato delle sostanze in esso contenute.

Una rivoluzione architettonica

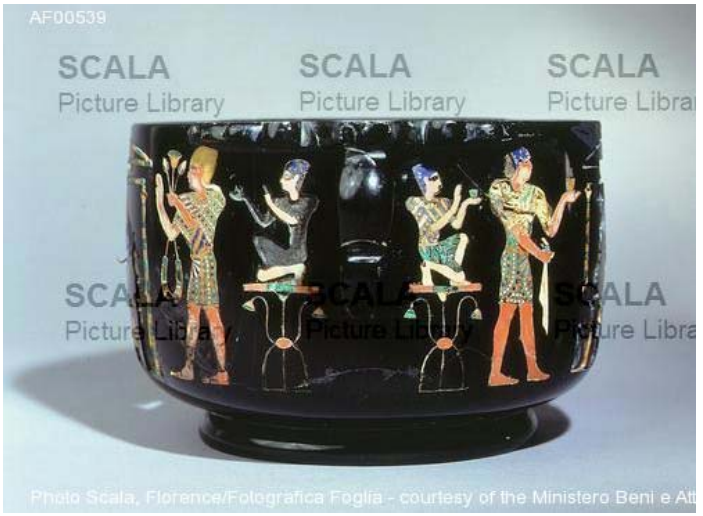
I progressi nella lavorazione del vetro soffiato ebbero una ricaduta anche nell'architettura. Tradizionalmente, l'esistenza di lastre da finestra nel mondo romano è un argomento che ha goduto di poco credito, considerato un fenomeno marginale e non recepito dalla maggior parte della popolazione. Eppure, già i primi visitatori che nel corso del ‘700 e nell'800 si recarono in visita ad Ercolano e Pompei ebbero modo di osservare, con meraviglia, la quantità di vetri ancora collocati nei telai delle finestre delle abitazioni e degli edifici pubblici.
Scrivendo verso la metà del I secolo d. C., Seneca considerava un'invenzione recente l'applicazione di lastre di vetro alle finestre. Oltre al vetro si adoperava la *pietra speculare* (la mica), un minerale che veniva tagliato in lastre sottili e trasparenti che servivano per sigillare finestre di piccole dimensioni o delle serre adibite alla protezione, durante l'inverno, delle piante e dei fiori.

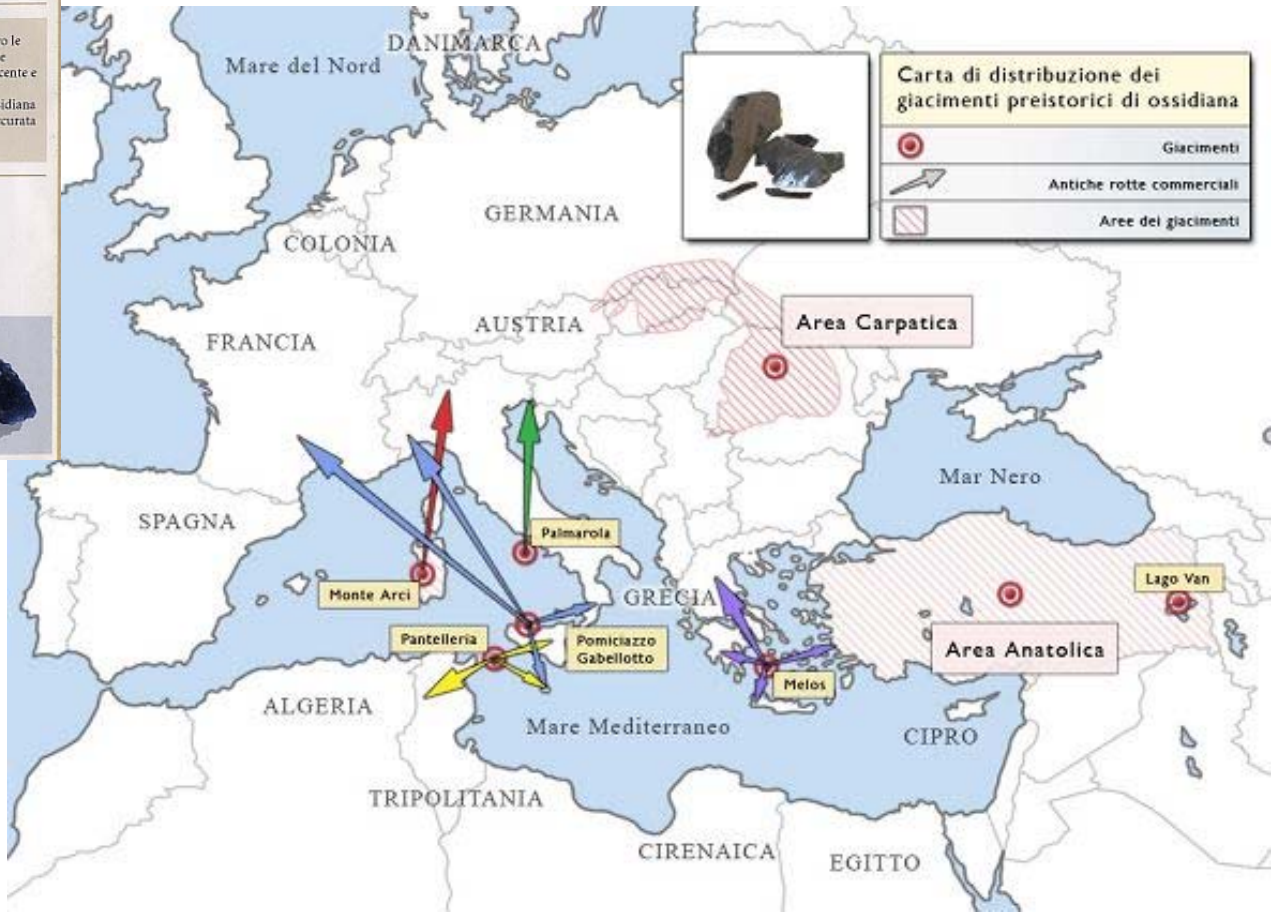
Lastra da finestra

Vetro da finestra *Vetro verde chiaro*
Alt. 51; larg. 45,5

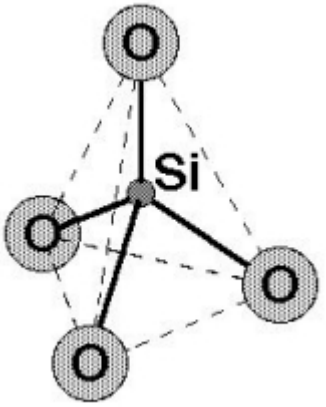
Specchio *Ossidiana*
H. 92 cm; larg. 62 cm

A partire dal VI millennio a.C., l'uomo utilizza un materiale vetroso naturale, l'ossidiania, roccia silicea di origine vulcanica, presente in abbondanza nel bacino del Mediterraneo, nelle isole Eolie, Pontine, Pantelleria e in Sardegna (Monte Arci), per ottenere oggetti taglienti e resistenti. Questo materiale veniva commercializzato su lunghe distanze, dando origine alle prime rotte commerciali mediterranee .





L'**ossidiana** è un vetro vulcanico la cui formazione è dovuta al rapido raffreddamento della lava. All'interno dei vulcani le temperature e le pressioni sono così elevate da fondere i silicati dando origine alla lava. La lava a contatto dell'aria, si raffredda molto rapidamente dando origine all'ossidiana. Il veloce raffreddamento non consente agli atomi di ordinarsi per formare un cristallo. L'ossidiana è un vetro naturale, del tutto simile a quello di produzione umana.



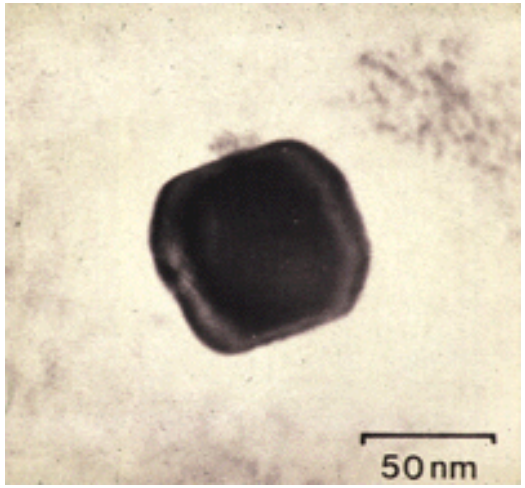
La pomice è un vetro vulcanico amorfo e leggero composto da un intrico di cavità vescicolari piene d'aria. La **pomice** è una roccia magmatica effusiva, leggerissima a causa dell'elevatissima porosità. Essa si forma principalmente da eruzioni di tipo esplosivo, e la porosità è dovuta alla formazione di bolle di gas.. Il rapido raffreddamento mantiene la struttura vescicolare (formante anche il 90% del volume), e la parte solida è costituita da roccia amorfa, raramente con una piccola componente cristallina. Roccia galleggiante…Plinio

Coppa di Licurgo, che risale al V-IVsec. d. C., British Museum

Ha la peculiarità di apparire rosso rubino in luce trasmessa e verde in luce riflessa.

APPLICAZIONE NANOTECNOLOGICA ANTE LITTERAM

questa particolare proprietà ottica deriva dalla presenza, all'interno del vetro, di piccole quantità (0.01-0.1 in percentuale atomica) di oro ed argento presenti sotto la forma di nanoparticelle.

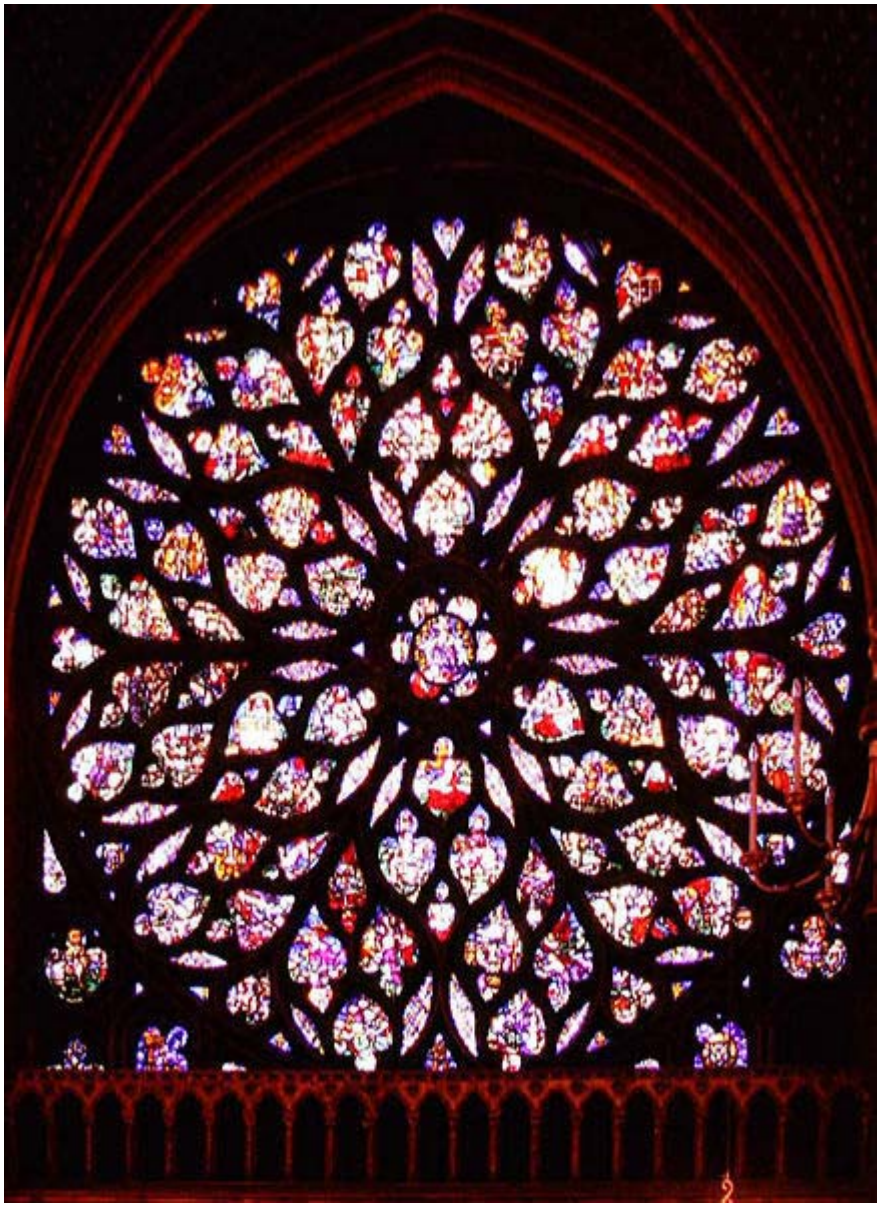


Già nell'antichità l'oro colloidale era usato per conferire il color rubino a vetri e ceramiche! con sfumature di giallo, rosso o malva, a seconda della concentrazione dell'oro. Tale fenomeno non dipende da trasformazioni chimiche che coinvolgono il metallo, ma dal fatto che nell'impasto vetroso sono presenti particelle di oro di dimensione nanometriche in grado di assorbire la radiazione luminosa.

Le vetrate
I vetri rosso rubino e giallo argento

nel medio evo, i maestri vetrai tedeschi realizzarono le vetrate colorate delle cattedrali gotiche senza utilizzare sali colorati di metalli di transizione, ma disperdendo nel vetro piccole quantità d'oro.

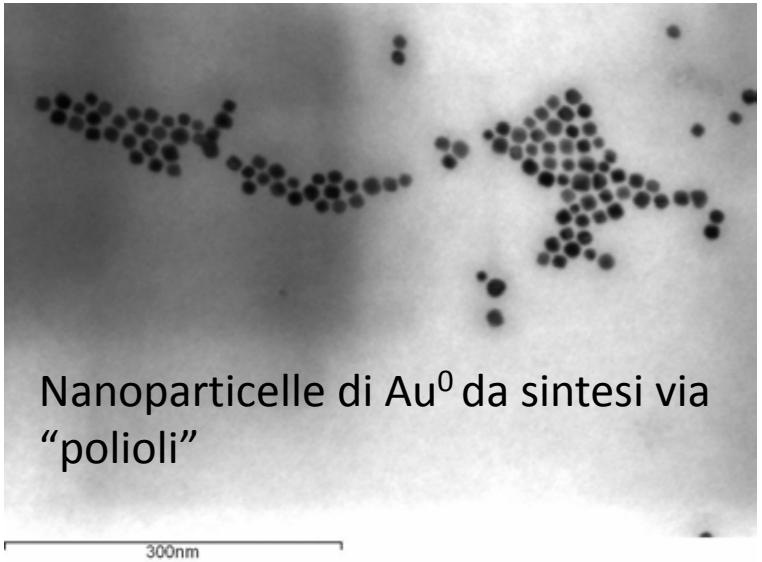
Pannello, 1564



Rosone , Sainte Chapelle 15° sec

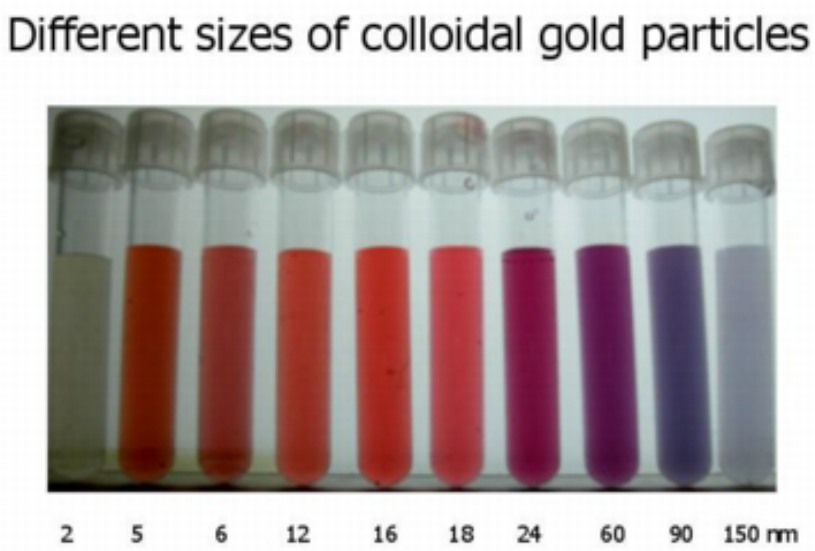
Niccolò da Varallo La vetrata di Sant'Eligio (n.6, sesta campata della navata destra), conservatasi integralmente, narra le Storie di sant'Eligio, patrono degli orefici. Fu ordinata dal collegio degli orafi a Niccolò da Varallo, che la eseguì tra il 1480 e il 1489 (Duomo di Milano).

Preparazione nanoparticelle di Ag^0 e Au^0

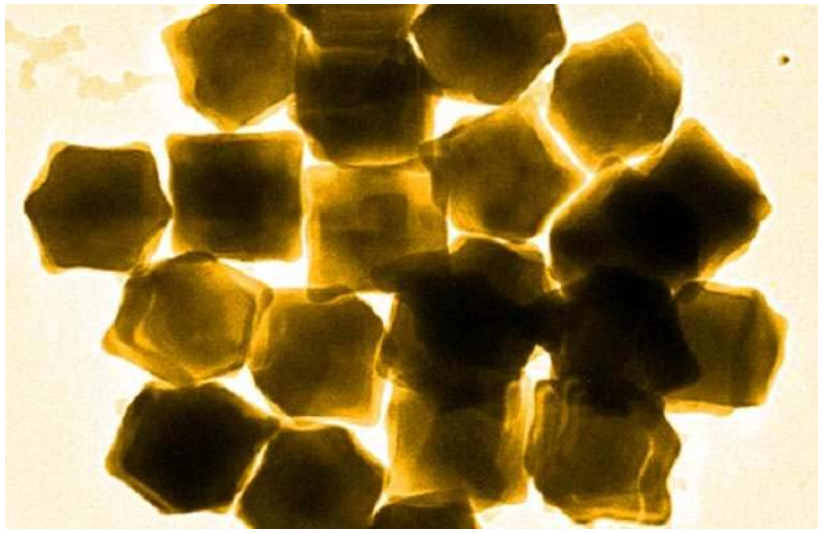


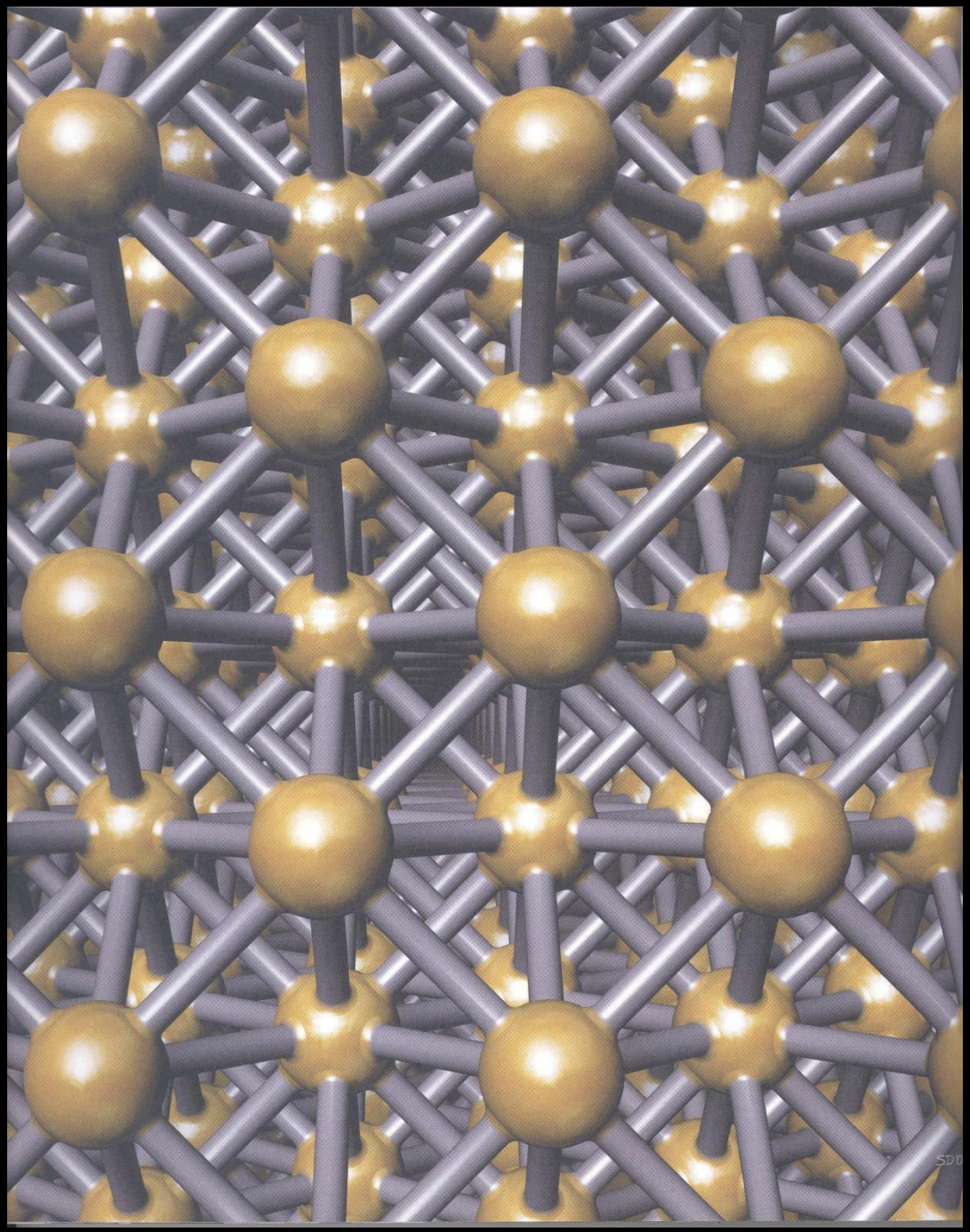
Nanoparticelle di Au^0 da sintesi via "polioli"

Nano sospensioni stabili di magenta a base di oro colloidale e giallo all'argento in acqua

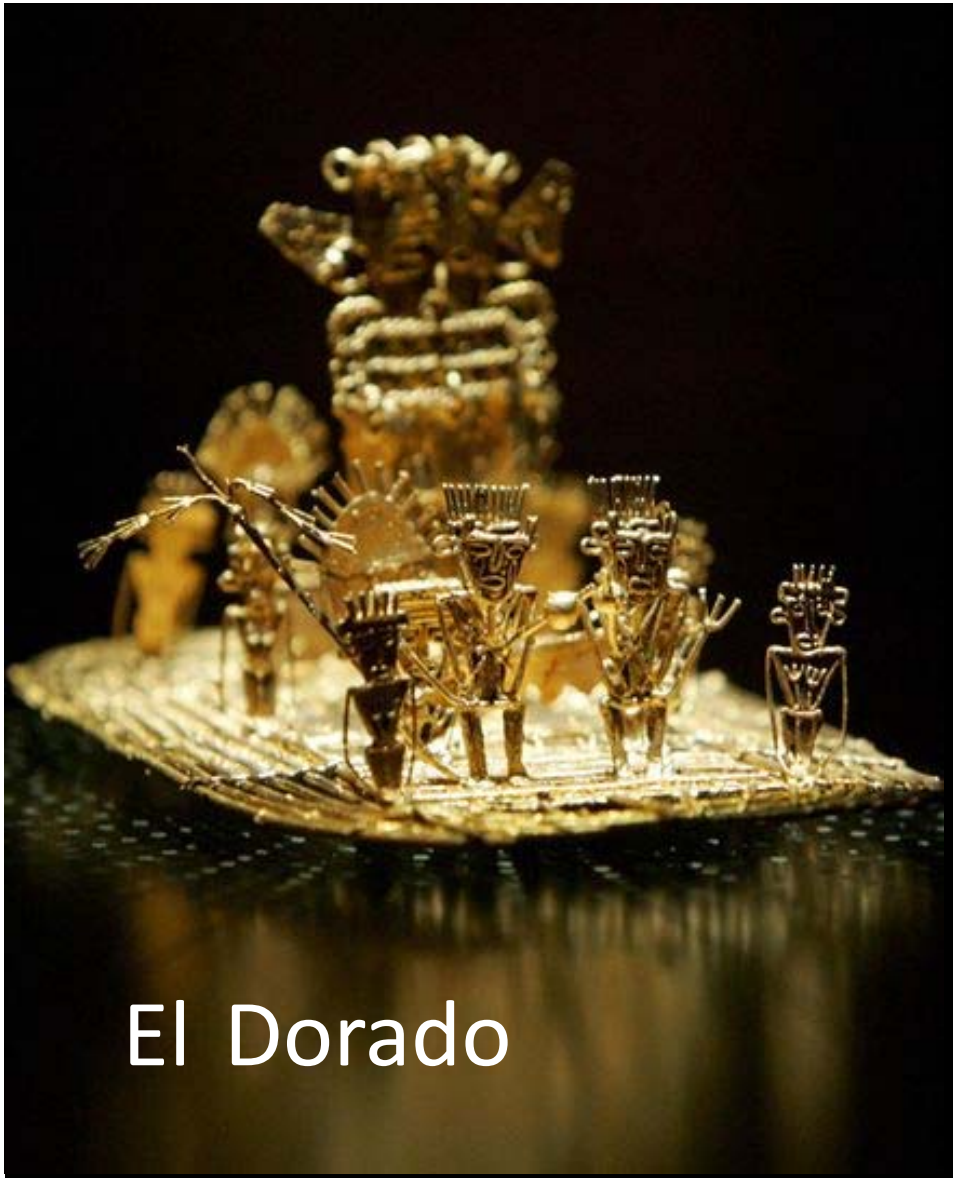


PROPRIETA' OTTICHE DELLE NANOPARTICELLE





L’oro puro consiste di atomi di oro impacchettati ordinatamente insieme in un reticolo cubico. I bastoncini tra gli atoni mostrano le connessioni tra i vicini più prossimi.



El Dorado

Museo de Oro, Bogotà (Colombia)
…un capo indigeno che si immergeva in una laguna ricoperto di polvere d'oro e gettava delle offerte d'oro nelle profondità delle acque **“El Indio Dorado”**

2008 Kate Moss gold statue unveiled at British Museum

Siren is made entirely of 18 carat gold and will be displayed in the museum's Nereid Gallery among statues of Greek goddesses including Aphrodite. It is the largest gold statue made by man since ancient Egyptian times, weighing 50 kg, around the same as its subject.

Che cosa è più potente: il culto della celebrità o quello dell'oro?

Più di ogni altro elemento antico, l'oro è sempre stato associato a un fascino senza tempo. Nessuno degli elementi scoperti dalla scienza moderna è stato in grado di sfidare la sua supremazia; ma che cosa c'è di davvero speciale in questo metallo?

Il colore e la lucentezza sono duraturi, questo metallo resiste alla corrosione dell'aria, dell'acqua e di quasi tutti i reagenti chimici. Plinio il Vecchio pensava che fosse questa sua resistenza unica, e non il suo specifico colore a spiegare il nostro amore per l'oro: "E' l'unico metallo che non perde nulla a contatto con il fuoco"

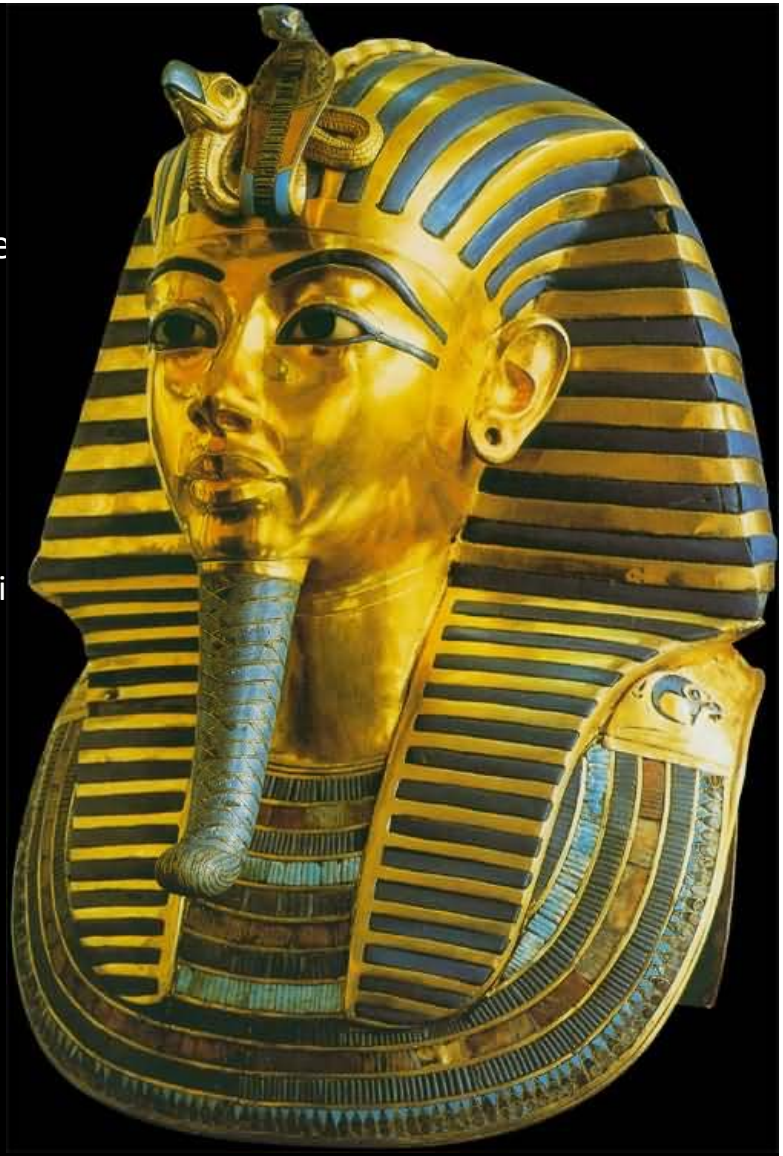
L’oro è speciale anche per la sua grande densità, della sua malleabilità e della sua duttilità: può essere battuto fino a a diventare sottile come un capello e “ abbastanza lungo da cingere un intero villaggio”, recita un proverbio dell’Africa occidentale. Si possono ottenere lamine di uno spessore inferiore al micron e con 1 g è possibile ottenere un filo lungo 3.200 m, inoltre non è soggetto a ossidazione ed è inattacabile dalla maggior parte degli acidi.

E’ l’unico metallo che si trova in natura allo stato elementare, era conosciuto fin dai tempi antichi…ma troppo morbido per forgiare armi, gli aborigeni l’hanno spesso ignorato. In Europa, Africa e Asia venne presto utilizzato

A battere le prime monete sembra siano stati i re della Lidia, VII secolo a.C., nell' Anatolia in una lega naturale nota come élektron, di origine alluvionale (argento e oro).

Sempre a un re dei Lidi, Creso, famoso per le sue ricchezze spetta il vanto, nel 550 a.C., di aver battuto le prime monete d' oro e d' argento.

Aureo di Cesare , 48-47 a. C. 8,55 g.

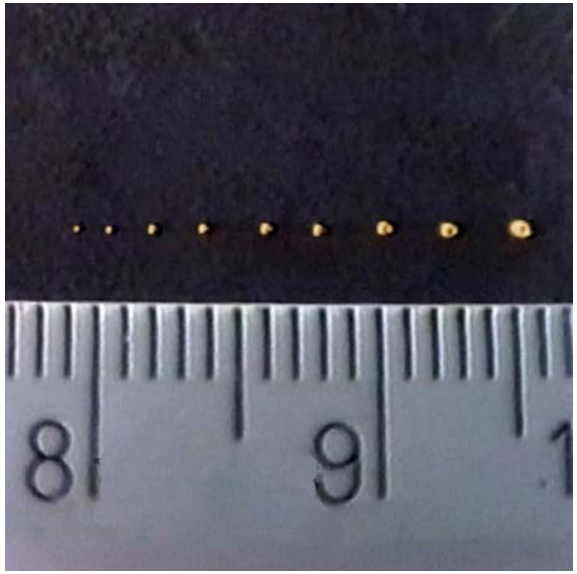


Maschera funeraria di Tutankhamon.
Metà del XIV sec. a. C. Oro, Pietre semipreziose, ceramica
Il Cairo, Museo Egizio

Pegasus reel Louvre, Gold with filigree, granulation and stamping decoration, early 4th century BC. H. 2.7 cm), Diam. 11.6 cm

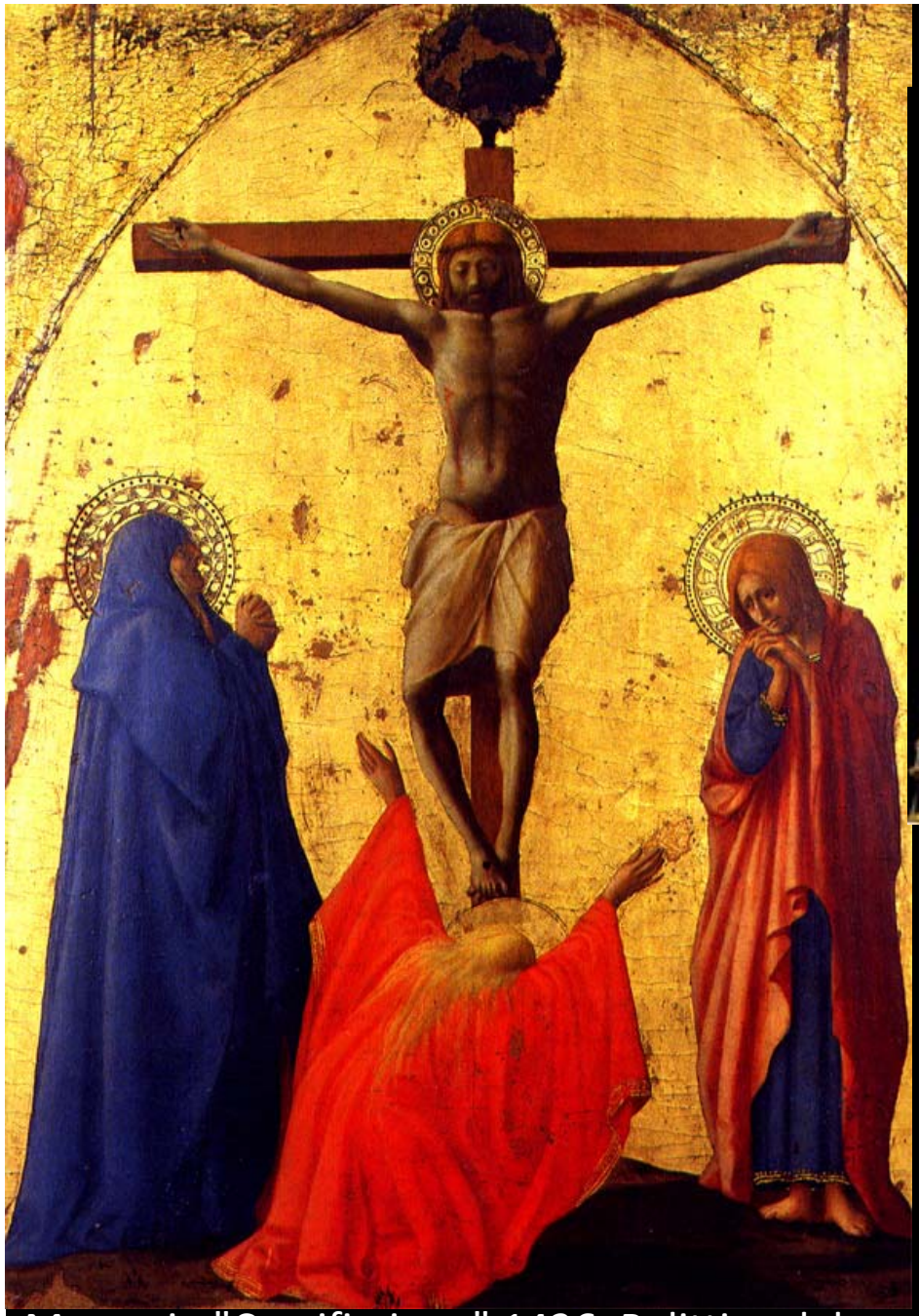
British Museum Earring decorated with bosses, globule clusters, rosettes and filigree. Stamped gold sheet, Etruscan artwork, 400–300 BC. |H. 14.2 cm W. 6.4 cm ,weight 526 g

Nell’oreficeria, la **granulazione** è una tecnica decorativa consistente nella saldatura di piccole sfere auree, denominate grani, ad un sottofondo, in genere lamina, secondo un disegno prestabilito. Si tratta di una delle più complesse ed affascinanti tecniche dell’arte orafa, ed al tempo stesso anche una delle più discusse. Disparate e contrastanti sono infatti le opinioni diffuse in merito ai metodi di applicazione, e le varie ipotesi finora formulate non hanno ancora fornito, in fase di sperimentazione, risultati concreti attendibili.
Cosa ha spinto gli orafi mesopotamici del III millennio a.C. a utilizzare per primi microsfere d'oro per decorare dei monili, come è nato questo gusto estetico e perché ha avuto così fortuna nelle corti antiche di molte civiltà lontane tra loro nello spazio e nel tempo? La tecnica consiste nel creare delle piccole sfere d'oro di diametro che varia da 0,1 a 0,8 millimetri, queste vengono prodotte insieme, successivamente vengono separate per misure. La saldatura…..



Collante con i Sali di rame, durante la saldatura rame metallico che forma una lega bassofondente con l'oro.
Fusione della lega e formazione dello straterello che unisce i pezzi fra loro.

Foto SEM di granulazione, i grani restano collegati fra loro e con la base soltanto da uno strato assai esile, talora di appena 0.6 mm



Masaccio "Crocifissione" 1426. Polittico del Carmine di Pisa Tavola 83x63 cm

Polittico di Taddeo Gaddi, 1365c., Firenze, Chiesa di Santa Felicita, cm 206x280.

La preziosità e la lucentezza dell'oro almeno per quanto riguarda la pittura su tavola, si manifestava soprattutto nei fondi d'oro: sullo strato iniziale di bolo rosso (bolo armeno, è un'argilla nella cui composizione rientra ossido di ferro, da qui la tipica colorazione rossa colore) che esaltava la calda rifrazione dell'oro, venivano applicate le foglie metalliche ridotte allo spessore di un velo, in modo da formare una superficie di ricca purezza astratta, luminosissima, il cui effetto si amplificava nella penombra delle chiese illuminate solo dalle candele.

Gli artigiani del Medioevo si fabbricavano la foglia d'oro martellando delle monete, riducendole in lamine sottilissime. Gli artigiani specializzati in questo lavoro, i battiloro, fino al XX secolo misuravano il peso della foglia d'oro sulla base del ducato, moneta d'oro dell'Italia medievale: lo spessore era determinato dal numero di foglie (ognuna di circa 8,5 cm^2) ricavate da un unico ducato.

applicazione della foglia su appretto di bolo

Madonna con Bambino, Simone Martini,
1310-45, tempera su tavola, cm. 67,5 x 48,3,
Metropolitan Museum, New York.

Ascensione di Giovanni Evangelista,
Giovanni De Ponte, 1420
National Gallery, London
La lucentezza a specchio della brunitura si è attenuata col tempo.

La foglia d’oro è solitamente applicata su un vetro rossastro che la valorizza in trasparenza con riflessi ambrati. La tessera d’oro è formata da uno strato di vetro chiamato supporto, sul quale è applicata la foglia d’oro che viene compressa a sandwich, per mezzo di una saldatura, con uno strato di vetro trasparente, detto vetrina o cartellina. La vetrina ha un punto di fusione diverso allo stato sottostante e ciò permette di ricuocere le lastre con l’oro senza che questo bruci.

Sono prodotti da Giusto Manetti Battiloro i 200.000 fogli d’oro zecchino che ha fornito per la doratura della torre della “Haunted House” nella nuova sede milanese di Fondazione Prada.

Il progetto dell’architetto Rem Koolhaas dello studio OMA ha trasformato un’antica distilleria dei primi del ‘900 in un elegante centro espositivo aperto al pubblico dove la Fondazione Prada continuerà la propria attività culturale e artistica attraverso la periodica organizzazione di mostre personali in collaborazione con artisti di fama internazionale.

DAL MARE DI GELA SPUNTANO LINGOTTI DI ORICALCO, IL METALLO DI ATLANTIDE

18/12/2017
5/07/2015

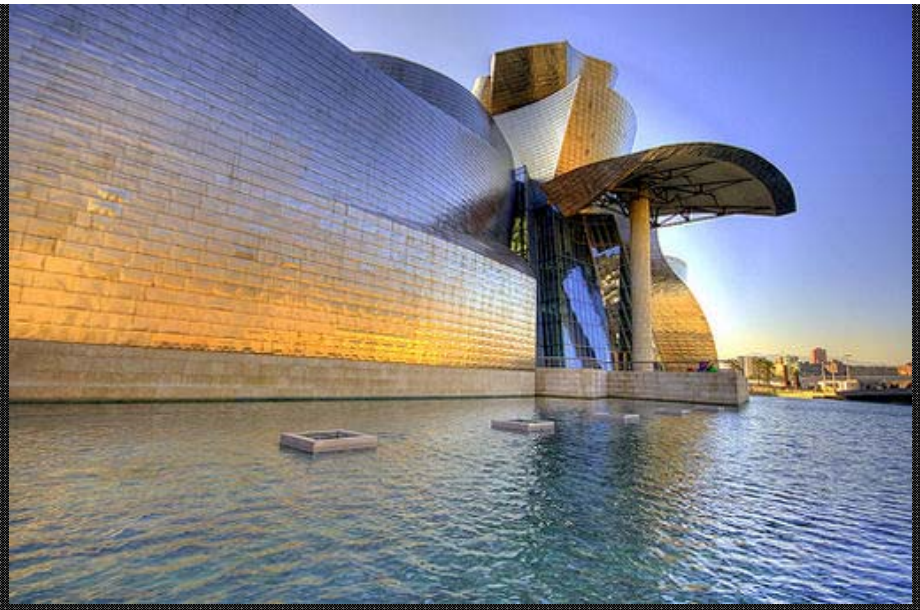
sommozzatori delle fiamme gialle con la soprintendenza del mare

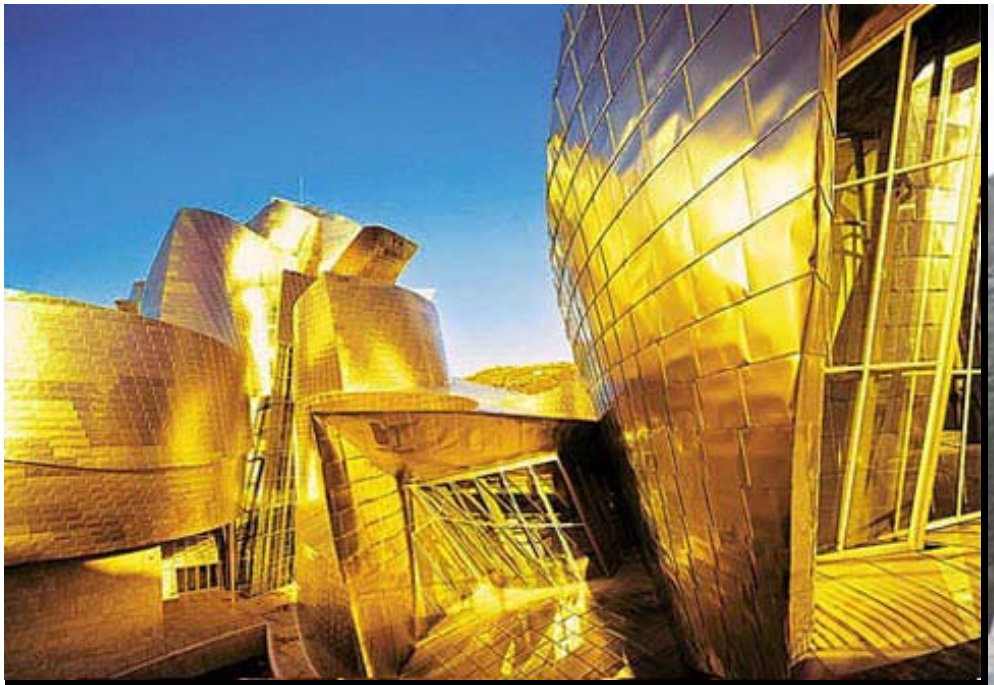
Nel 1789 il chimico francese Vauquelin nell'analizzare un particolare minerale, il rutilo, vi scopre un elemento sconosciuto. Nel 1791 il reverendo inglese Gregor lo scopre mentre studia le sabbie del distretto minerario della sua parrocchia, in Cornovaglia, che oggi si sa essere ricche di ilmenite, il minerale più diffuso del titanio. Nel 1795, anche un chimico tedesco, Klaproth, in altre sabbie provenienti dall'Ungheria, trova un nuovo elemento, dimostra che è lo stesso individuato da Gregor, e lo chiama titanio. Comunque solo nel 1825 il titanio, peraltro impuro, viene isolato da Berzelius. Occorre arrivare al 1937 perché Kroll sviluppi il processo che apre la strada alla sua produzione industriale.

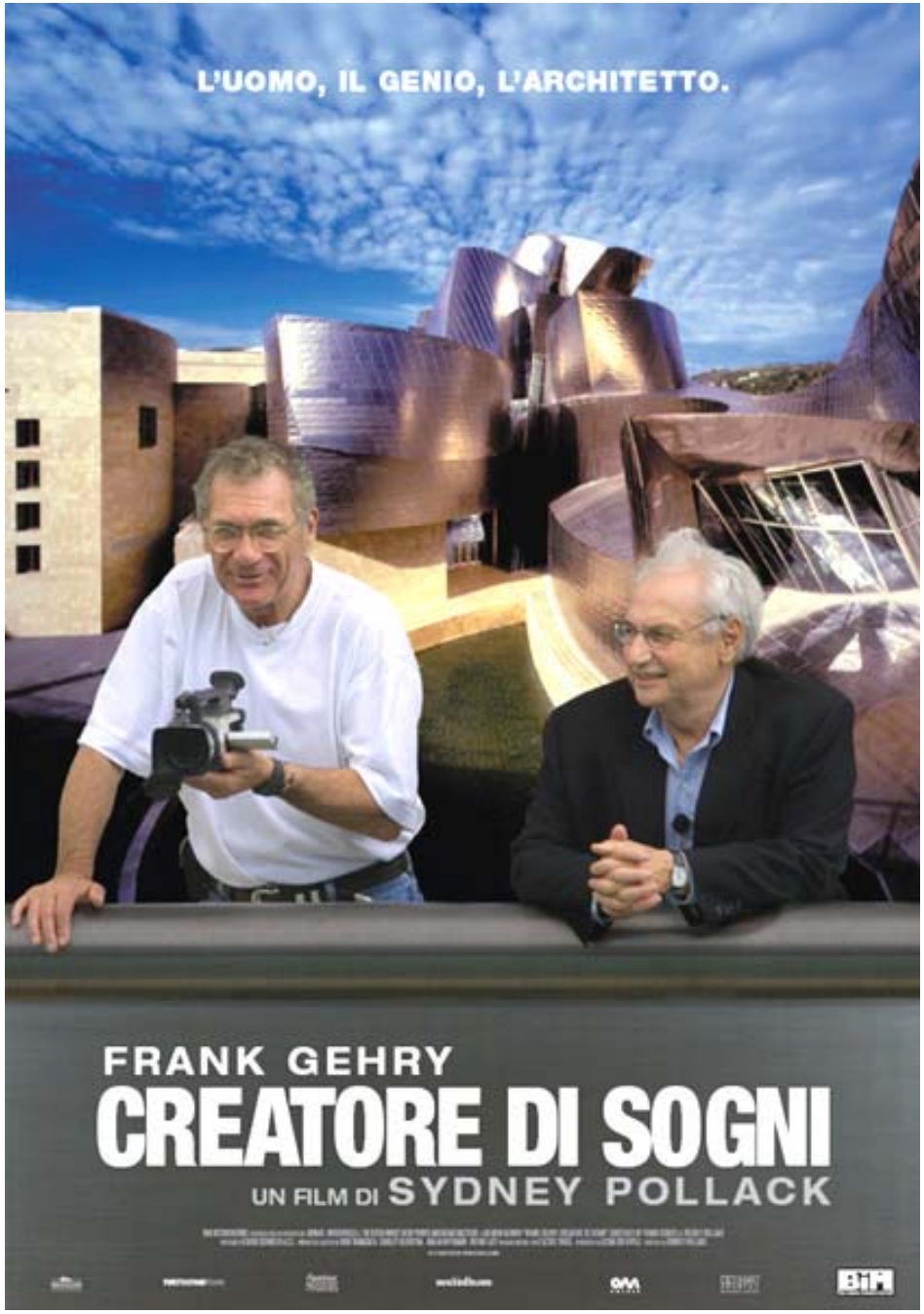
Il titanio è stato uno degli ultimi metalli a trovare impiego nel mondo industriale. Utilizzato dapprima nel campo aerospaziale per scopi militari, a partire dagli anni ’70 trova sbocchi nell’industria chimica, aeronautica, meccanica, per poi entrare negli ultimi decenni nei settori energetico, biomedico, architettonico, del restauro, dello sport e del tempo libero.
Ha una resistenza alla corrosione fuori dal comune. La sottile pellicola di ossido che lo protegge si forma spontaneamente sulla sua superficie ed è stabilissima in quasi tutti gli ambienti. Anche nel caso in cui un'azione meccanica dovesse lacerarla, si ricicatrizza istantaneamente. Per questo non viene attaccato nella grande maggioranza degli ambienti ossidanti sia acidi che basici, compresi quelli clorurati e, per quanto riguarda la corrosione atmosferica, sopporta perfettamente qualsiasi tipo di inquinamento: dalle emissioni urbane a quelle industriali anche in ambiente marino e tropicale.
L'aspetto caldo e attraente, la leggerezza e la resistenza agli agenti atmosferici la possibilità di utilizzarlo in spessori molto sottili (l'architetto californiano Frank O. Gehry per i quasi 40.000 m^2 del Museo Guggenheim di Bilbao ha impiegato 33.000 panelli di 0,38 mm di spessore pari a un peso complessivo di 60 tonnellate) lo inseriscono tra i materiali ideali per applicazioni architettoniche nonostante il costo iniziale relativamente elevato.

Rispetto all’acciaio il titanio sembra far proprio il calore del sole…..

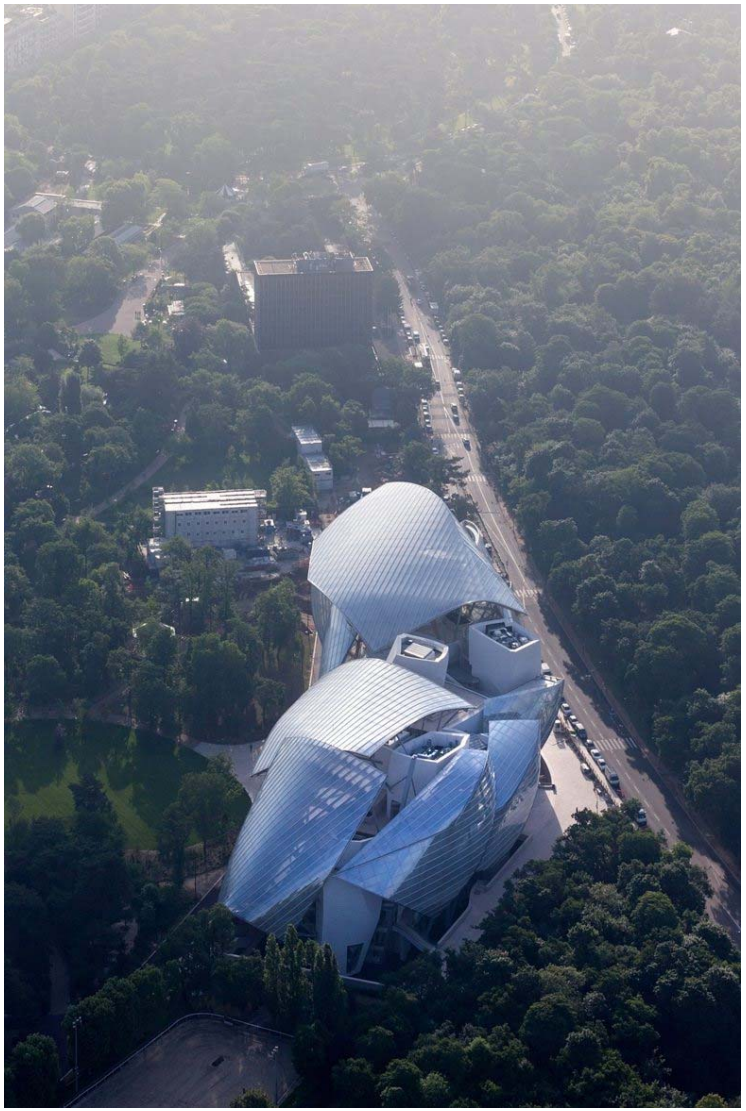
Museo Guggenheim Bilbao Frank O. Gehry inaugurato nel 1997







Dalle parole dell'architetto emergono verità elementari, ma proprio per questo spesso dimenticate: dietro a un'opera titanica come può essere il Museo Gugghenheim di Bilbao, la Disney Concert Hall o la Loyola Law School di Los Angeles, c'è sempre una semplice idea e l'oculata scelta del materiale da utilizzare. Il resto è lavoro, lavoro e fantasia.



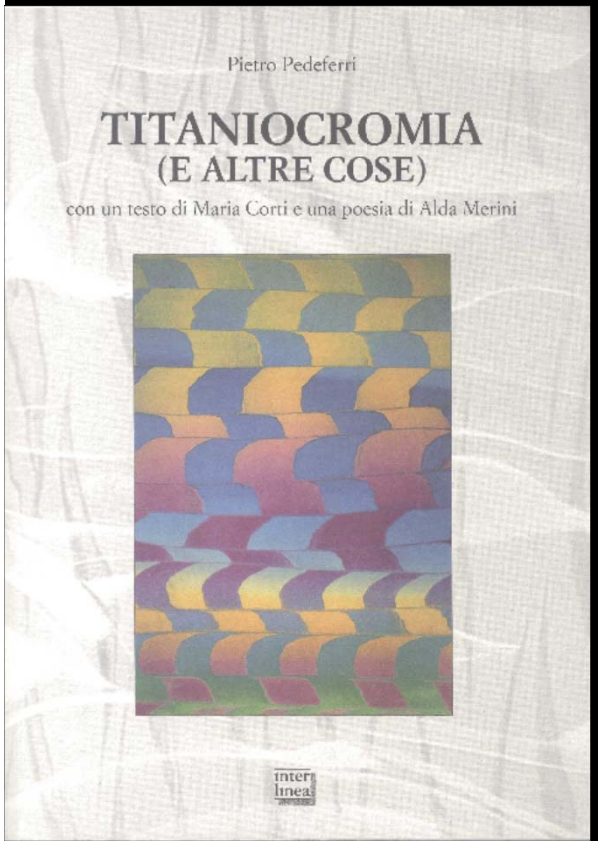
La FONDAZIONE LOUIS VUITTON
Parigi, 27.10.2014

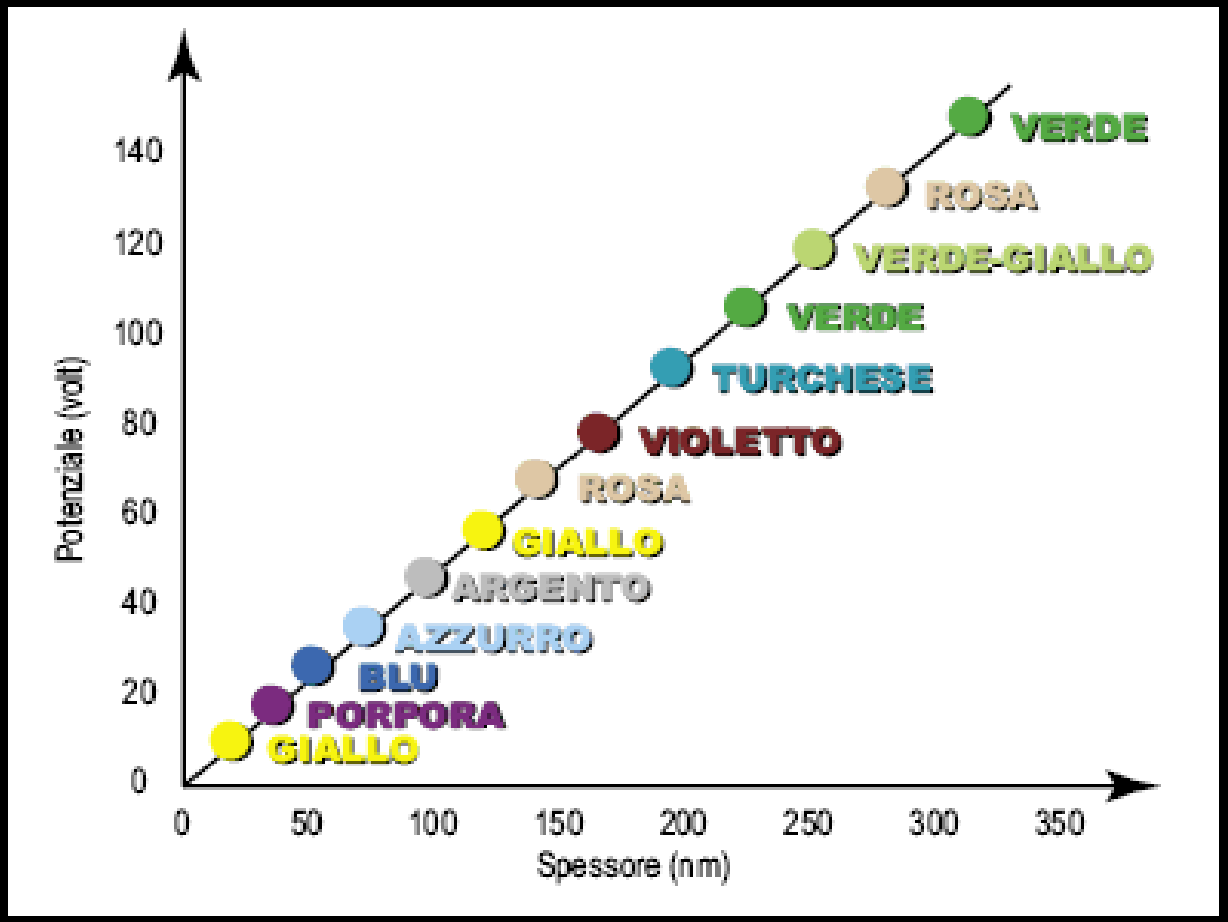
In Italia i primi gioielli in titanio risalgono agli anni Settanta quando l'incontro tra Pietro Pedeferri, che sperimentava la colorazione elettrochimica del titanio, e l'orafo James Riviere determinò un nuovo corso per il gioiello in titanio. Ma, esclusi pochi audaci pionieri, il gioiello di titanio ha poi suscitato scarsa curiosità tra i designer orafi».

Solo due metalli sono di per sé colorati: l'oro ed il rame. Tutti gli altri, una sessantina, si presentano con tonalità più o meno chiare, ma tutte comprese tra il grigio ed il bianco. Tuttavia spesso le loro superfici appaiono colorate poiché sono ricoperte da ossidi o da patine di prodotti di corrosione.

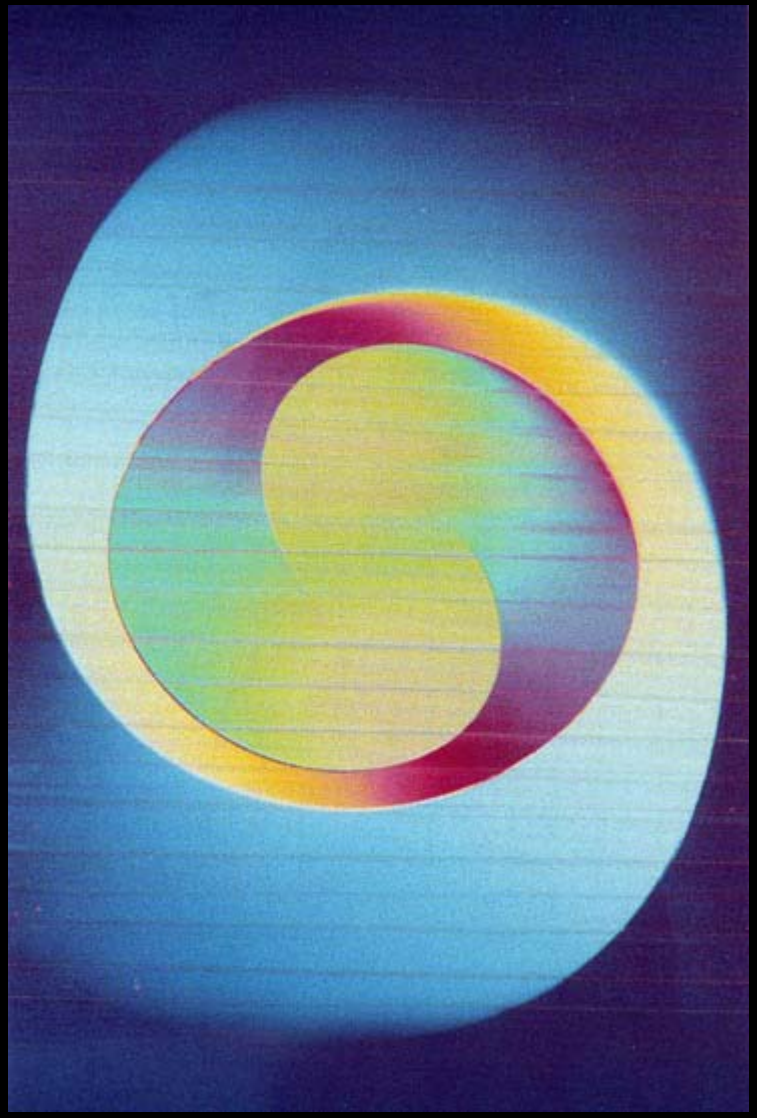
Pietro Pedeferri (1938-2008) ha ideato una tecnica di colorazione (ossidazione per via elettrochimica) che consente di far assumere al titanio una straordinaria gamma di colori.

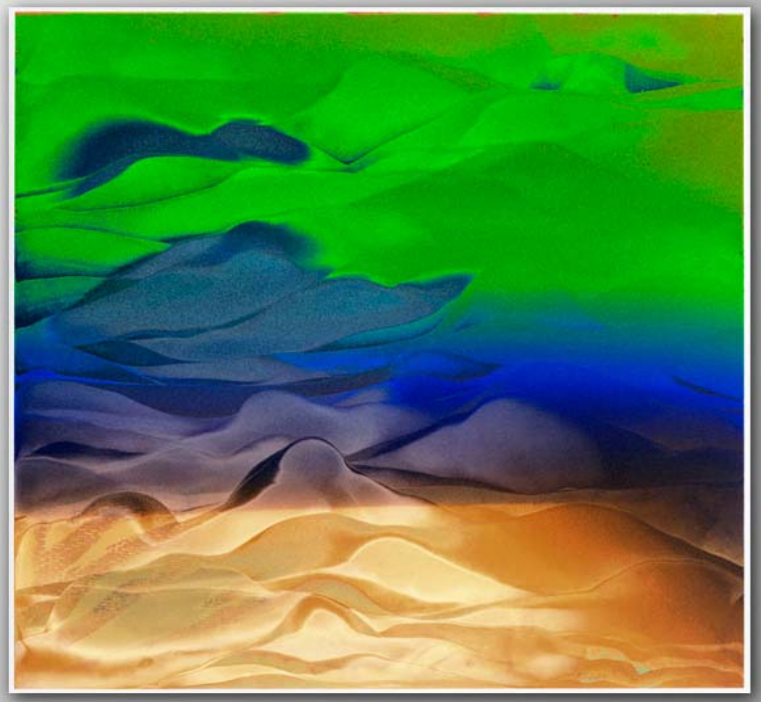
La tavolozza del titanio

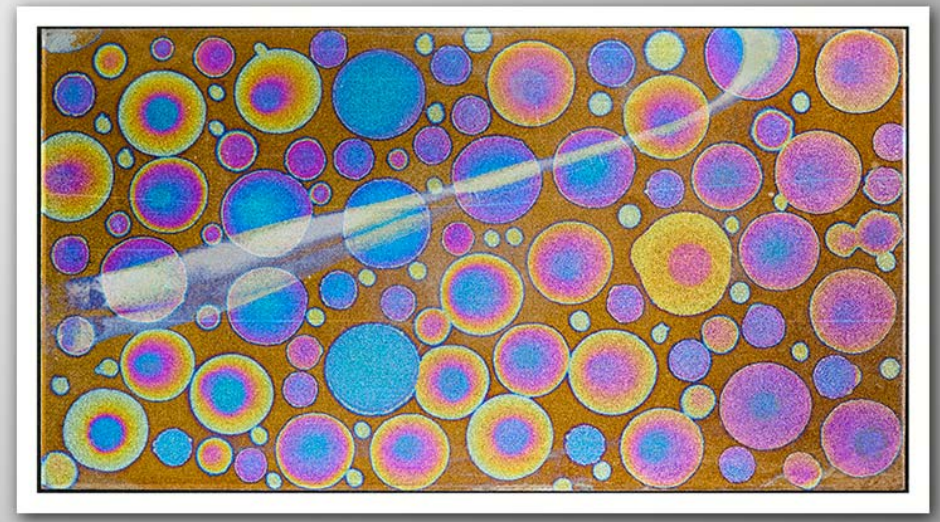




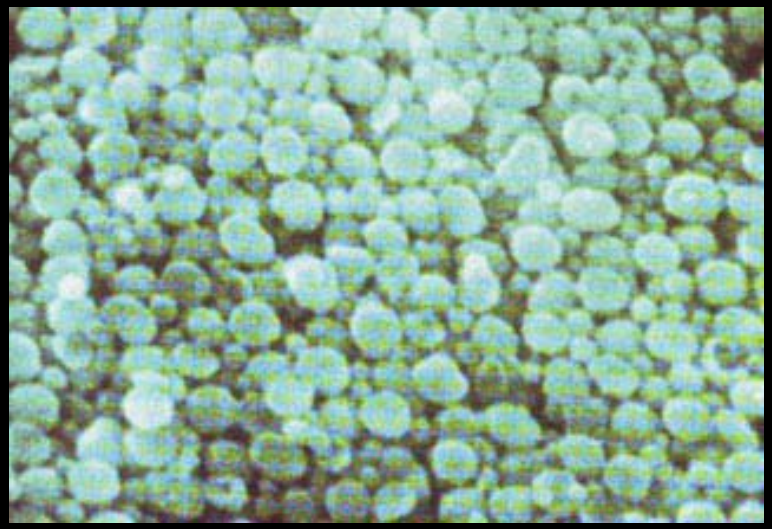
Potenziale elettrico e spessori della pellicola d'ossido e colori

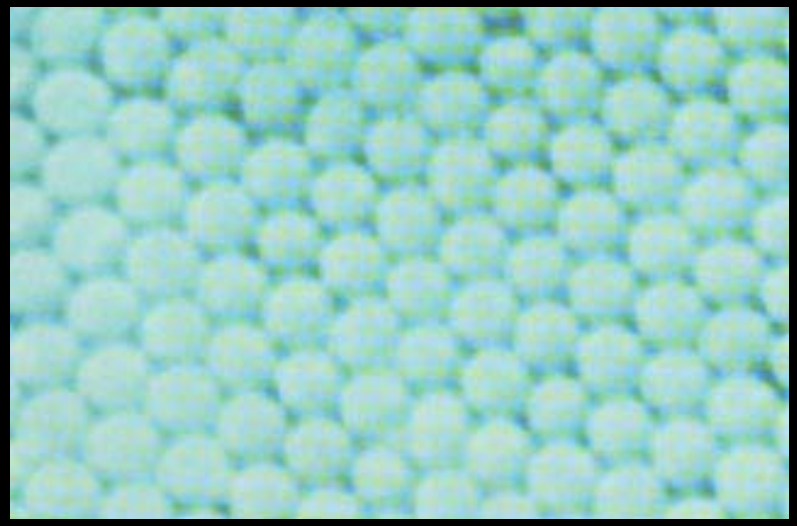




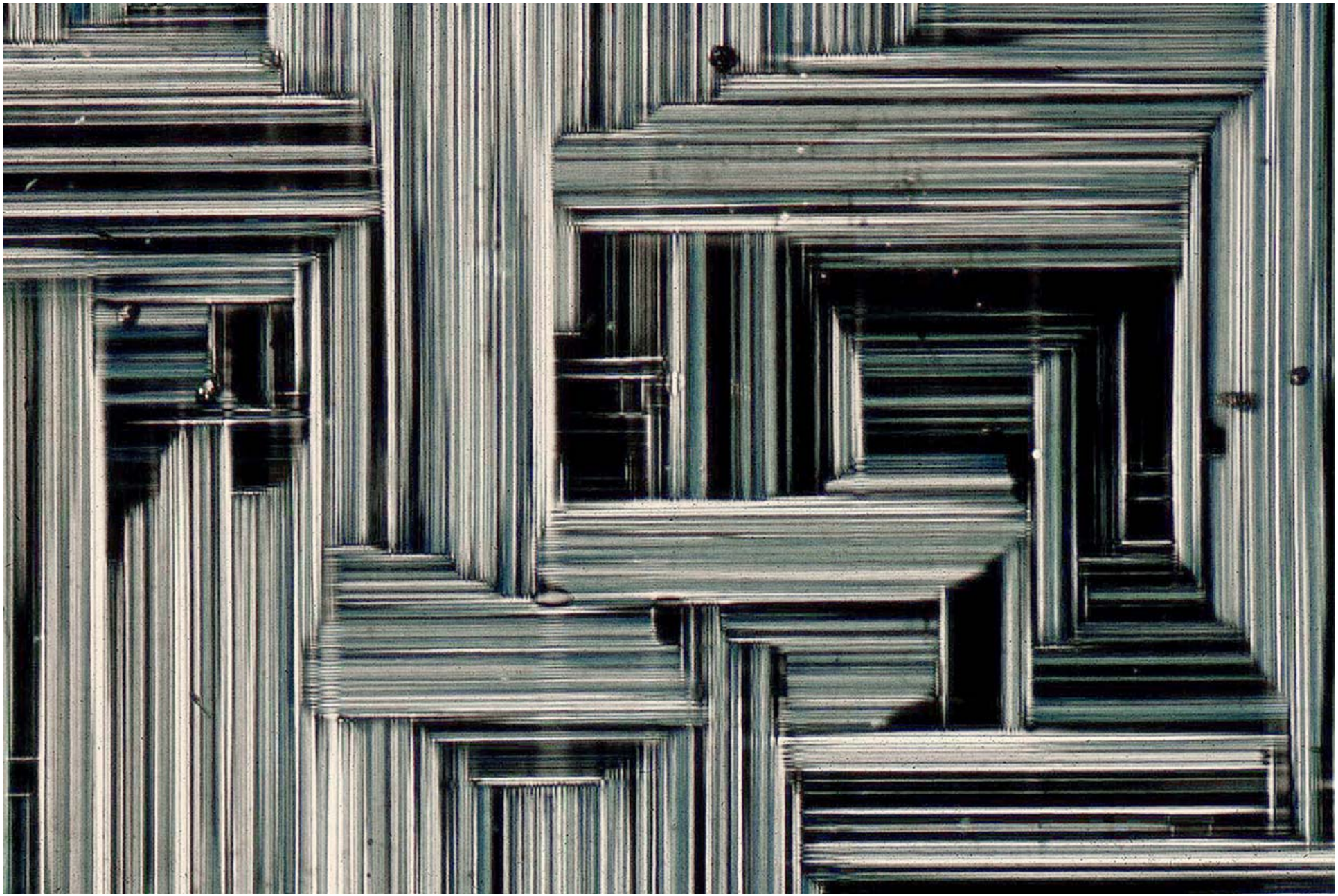


L'opale risulta essere una sostanza colloidale costituita da silice amorfa idrata (in quantità variabile dal 3 al 20%) . Costituito da microsfere tra 150-300 nm.





"la più bella gemma del mondo, una rara mescolanza di cose tutte rilucenti dove spiccano il fuoco del rubino, il verde dello smeraldo e la porpora più viva dell'ametista“ (Plinio)



Sembra un quadro di Piet Mondrian ma è il tratteggio di un cristallo di leucite ricavato da una pietra vulcanica.

l’**Eucalyptus deglupta**, meglio conosciuto come ***Rainbow Eucalyptus***, chiamato così per il suo tronco dai colori dell’arcobaleno.

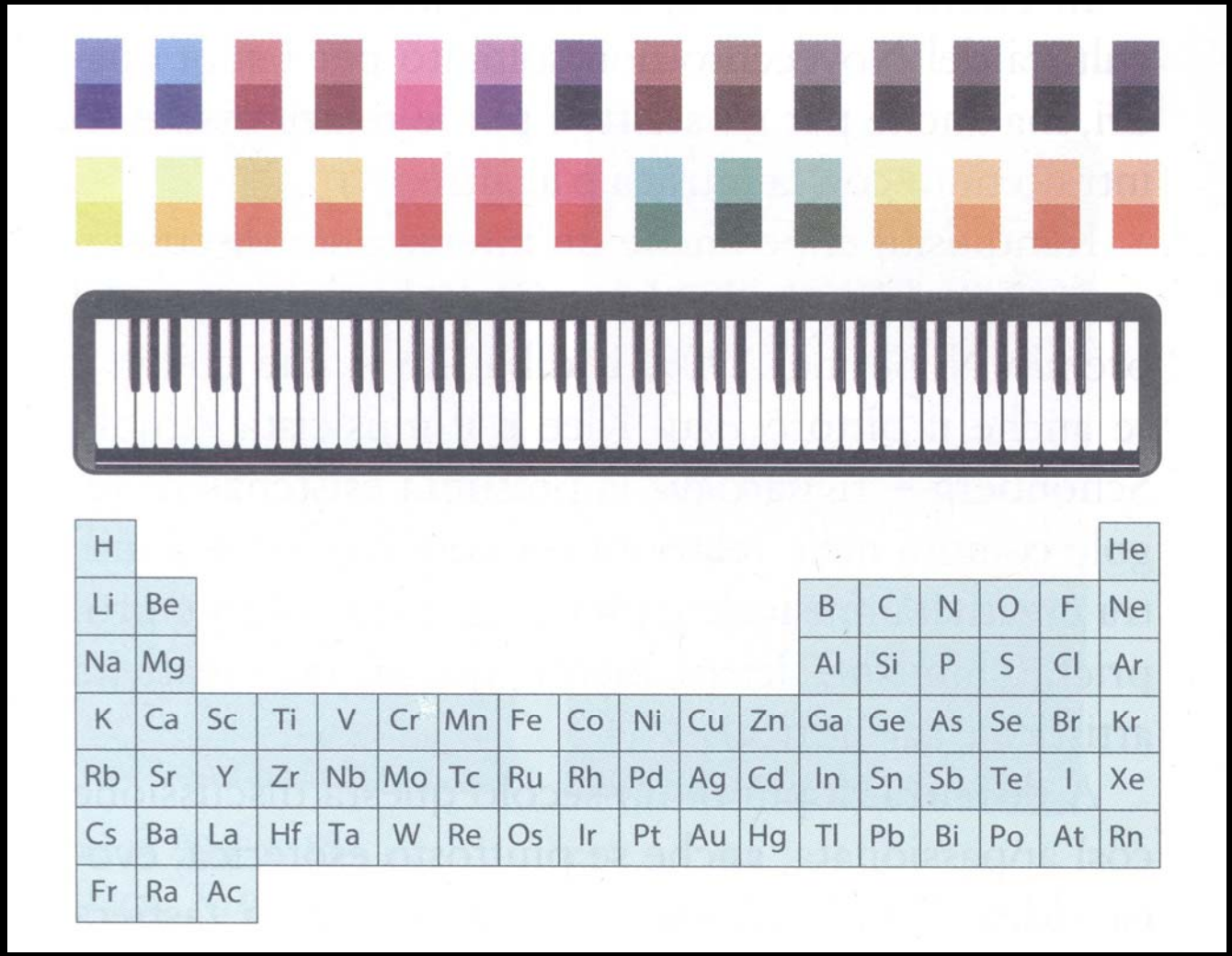
cresce nelle Filippine, nelle Hawaii e in Indonesia, mano a mano che cresce, la corteccia si sfalda naturalmente portando alla luce gli strati sottostanti del legno che, con il passare del tempo, dal verde originario assumono colorazioni particolari come il viola, l’arancio, il giallo e il blu

Non so se Vasily Kandinsky abbia mai visto un' immagine al microscopio, ma il microscopio potrebbe avere rappresentato per lui quello che le statue africane sono state per Picasso.

“ quanto più il blu è profondo, tanto richiama l'uomo verso l'infinito, suscita in lui nostalgia della purezza ”

Nel dipinto il soggetto è il colore blu in cui volteggiano piccoli elementi ludici simili a microrganismi visti con il microscopio. In questa l'ultima fase parigina è come se il suo sguardo, una volta giunto alla sostanza delle cose, decidesse di rivolgersi all'infinito, sintomo di un richiamo all'eterno alternarsi della vita e della morte.

Kandinskij ebbe anche un’interessante discussione con il chimico Ostwald (Nobel 1909). Il dibattito che coinvolse Paul Klee e Arnold Schönberg riguardava la presunta esistenza di regole comuni nelle relazioni tra note e colori (creatività musicale e pittorica) e tra colori e proprietà chimiche dei pigmenti (creatività artistica e scientifica).



H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac															

Strumenti della creatività:
i colori, le note, gli elementi chimici