

*Quale è il rapporto che lega arte e scienza?*

**Rinaldo Psaro**



Pietro Greco

# HOMO

Arte e scienza

$$R_{\mu\nu} - g_{\mu\nu} (R/2) = -kT_{\mu\nu}$$

$$F = G \frac{m^1 m^2}{r^2}$$

Galileo grande scrittore e teorico della musica.  
Leopardi scienziato e storico dell'astronomia.  
Primo Levi encomiabile divulgatore della scienza.  
Einstein e Picasso legislatori dello spazio e del tempo.  
Non è il sovvertimento delle regole comuni, ma il frutto di una secolare, forse millenaria, alleanza fra intuizione creatrice e ragione scientifica. Dalla musica agli studi sulla percezione, dalla pittura alle regole della simmetria, dall'architettura all'utopia, dalla scrittura alle prime esplorazioni celesti, dalle pitture rupestri alla tecnica e chimica dei colori, la dimensione umana riunisce, allaccia e confonde quel che un certo dogma culturale vorrebbe disgiunto: arte e scienza.





Età augustea

heart book  
04

Glass in heart 2013

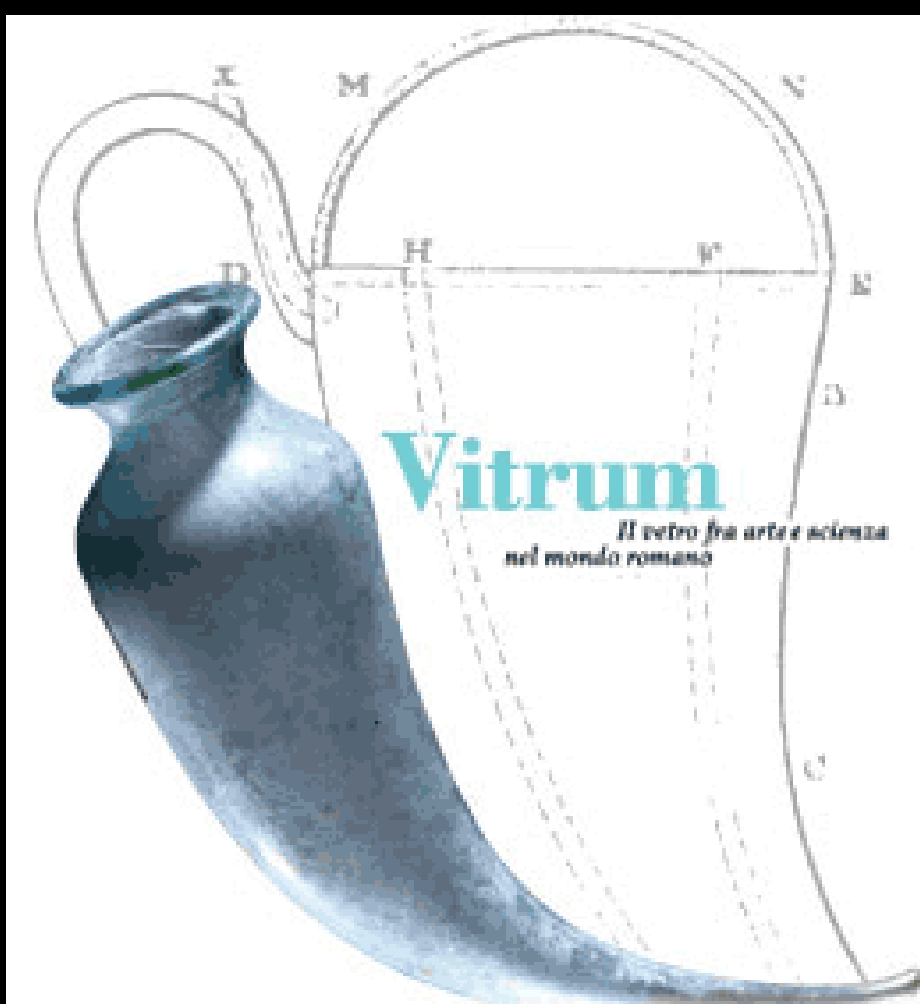


heart  
PULSAZIONI CULTURALI



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.

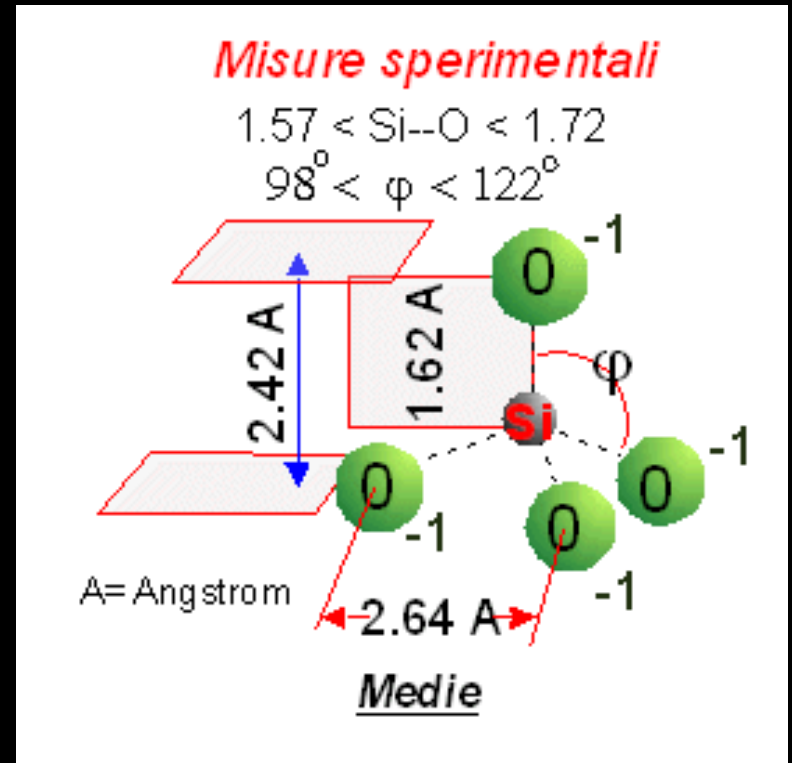
L'impressionante progressiva diffusione degli oggetti in vetro dipese, in realtà, da una profonda innovazione tecnologica legata a precise indagini sperimentali e, in non pochi casi, a un approfondimento teorico sulla composizione della materia e la sua funzionalità scientifica.

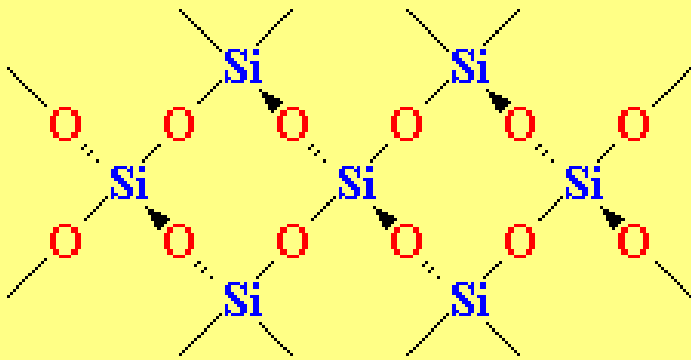
..... uno straordinario incontro tra arte e scienza, tra la destrezza dell'artigiano e l'ingegno del filosofo.



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.

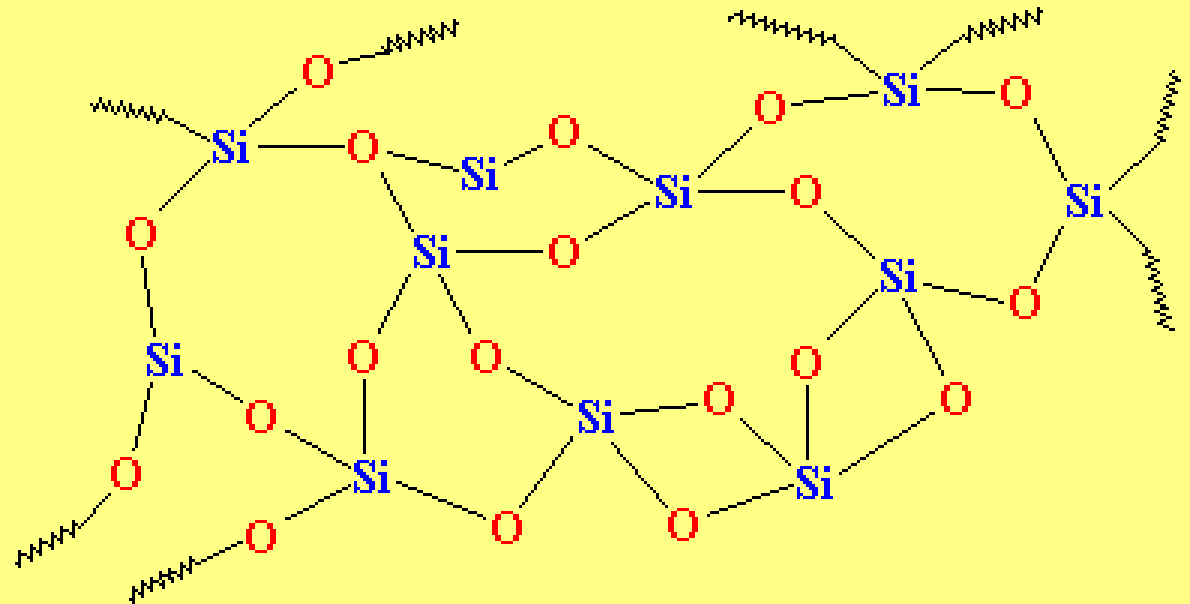
*Comunemente con il termine **vetro** si intende **vetro siliceo**, cioè costituito quasi esclusivamente da biossido di silicio (la silice, la cui forma cristallina è il quarzo) e dalla sua forma policristallina, la sabbia. In forma pura, la silice ha un punto di fusione di circa 2000 °C ma vengono aggiunti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





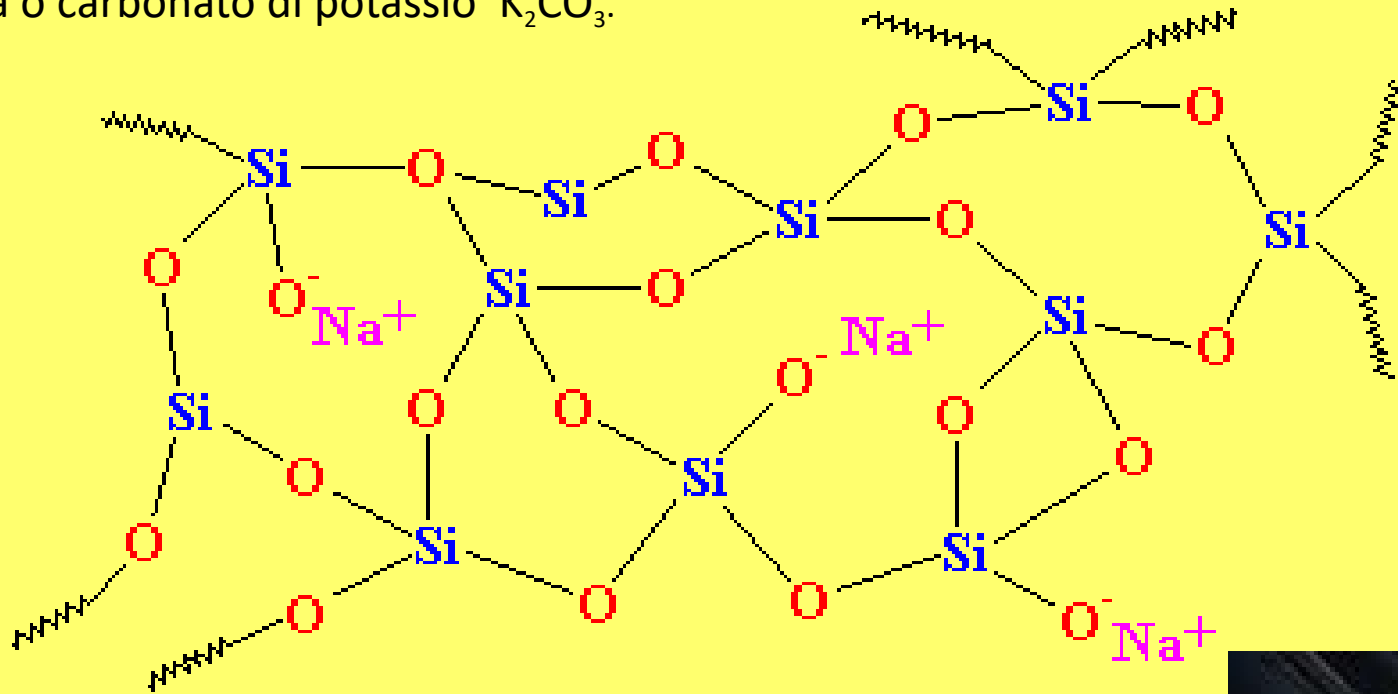
**Il vetro è una sostanza allo stato solido amorfo, cioè un materiale rigido costituito di unità strutturali non organizzate secondo l'ordine geometrico tipico dello stato cristallino.**

**Silice nella sua forma cristallina, il quarzo**



**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  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), 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  $\text{K}_2\text{CO}_3$ .



*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.



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.*

image covered by copyright





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.

*Pompei, Insula Occidentalis*

**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.





## 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

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



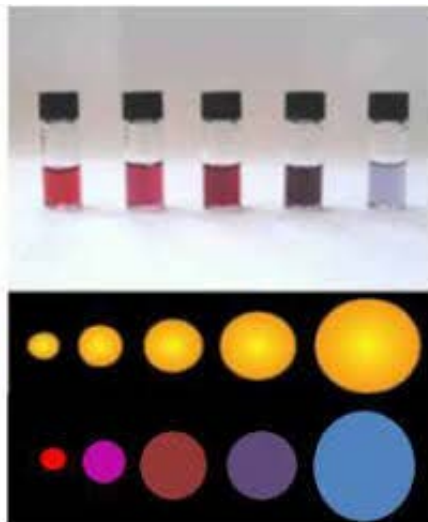
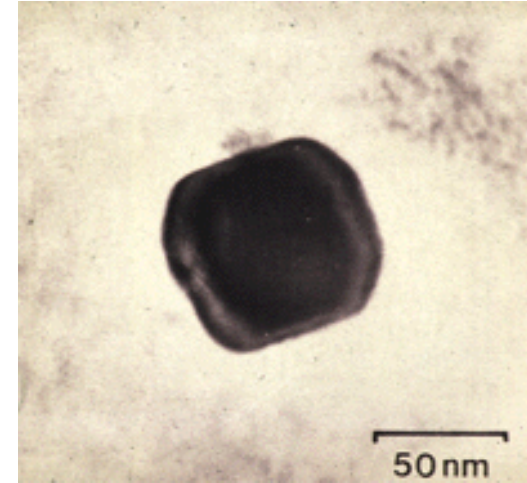
Ha la peculiarità di apparire rosso rubino in luce trasmessa e verde in luce riflessa.



## 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.

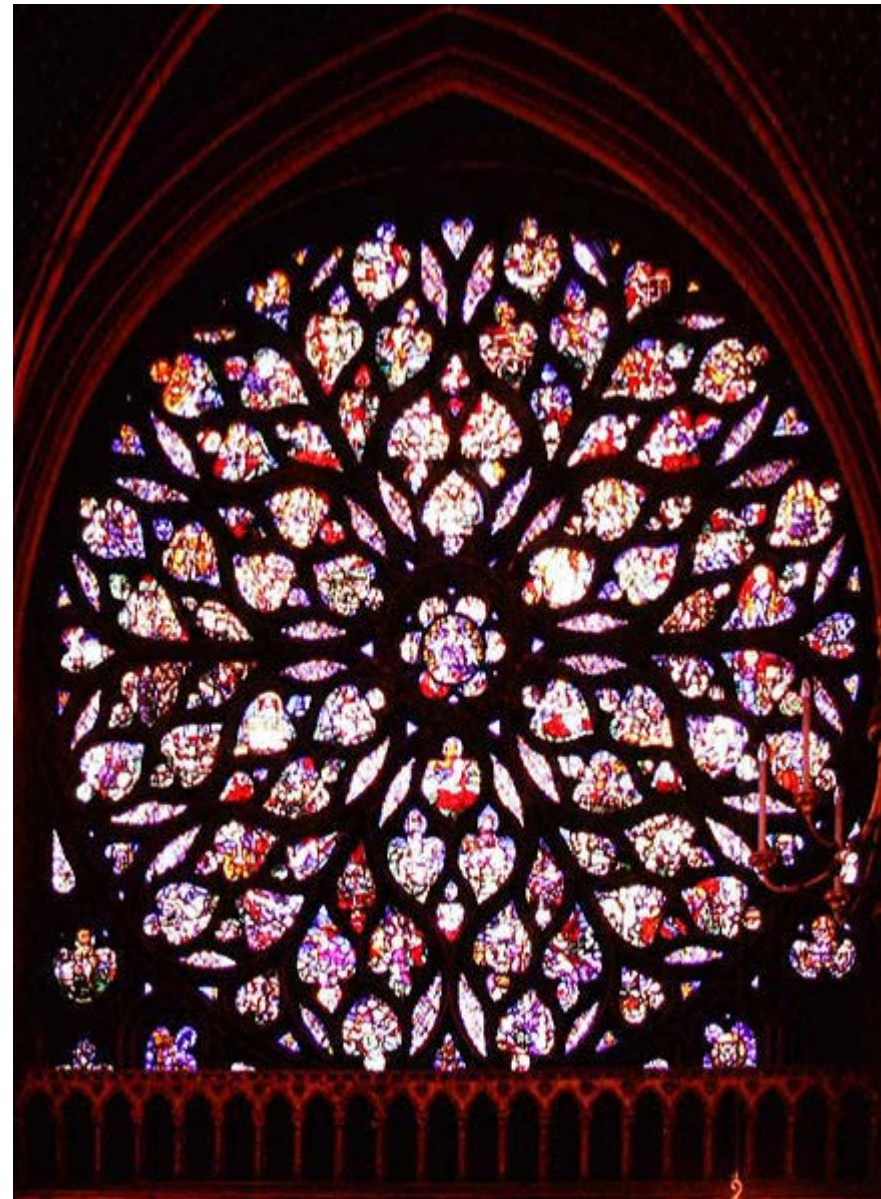
Già nell'antichità l'oro colloidale era usato per conferire il color rubino a vetri e ceramiche! con sfumature di giallo, rosso o malva, a seconda della concentrazione dell'oro. Tale fenomeno non dipende da trasformazioni chimiche che coinvolgono il metallo, ma dal fatto che nell'impasto vetroso sono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



....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 (rosso rubino) e argento (giallo) .



Pannello, 1564



Rosone , Sainte Chapelle 15° sec

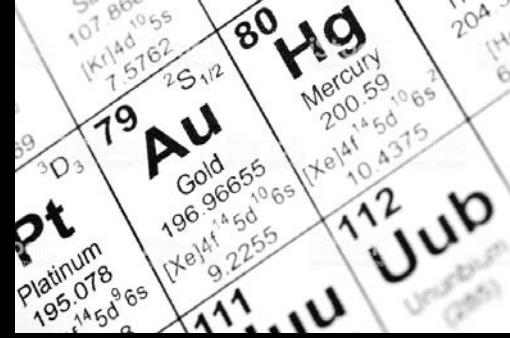




Niccolò da Varallo La vetrata di Sant'Eligio (n.6, sesta campata della navata destra), conservatasi integralmente, narra le Storie di sant'Eligio, patrono degli orefici. Fu ordinata dal collegio degli orafi a Niccolò da Varallo, che la eseguì tra il 1480 e il 1489 (Duomo di Milano).



Necropoli di Varna (BG) 4600 – 4200 a.C.



dal latino Aurum (splendore del sorgere del sole),  
il metallo nobile per eccellenza



Sciti, VIII sec. a.C.

Nel IV sec. a.C. tutto l'oro del mondo sembrava essere concentrato nei forzieri dei re persiani, almeno fino a quando non intervenne Alessandro Magno, che riuscì a sequestrarne circa 10.000 tonnellate .

L'uomo iniziò a estrarre l'oro circa 6000 anni fa.....





maschera funebre di Agamennone rinvenuta a Micene (Grecia) risale agli anni 1550–1500 a.C.

Sirena è fatta interamente in oro di 18 carati, statua a grandezza naturale, esposta nella sala delle Nereidi vicino a una statua di Afrodite. Il peso è di 50 Kg equivalente al peso corporeo della modella.

2008 Kate Moss statua in oro esposta al British Museum





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



2019



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?



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



Necropoli di Sindos, 510 a.C.



British  
Museum:  
orecchino di  
manifattura  
etrusca  
decorato con  
granulazione ,  
400–300 a.C.  
(altezza 14.2  
cm, 6.4 cm ,  
526 g)

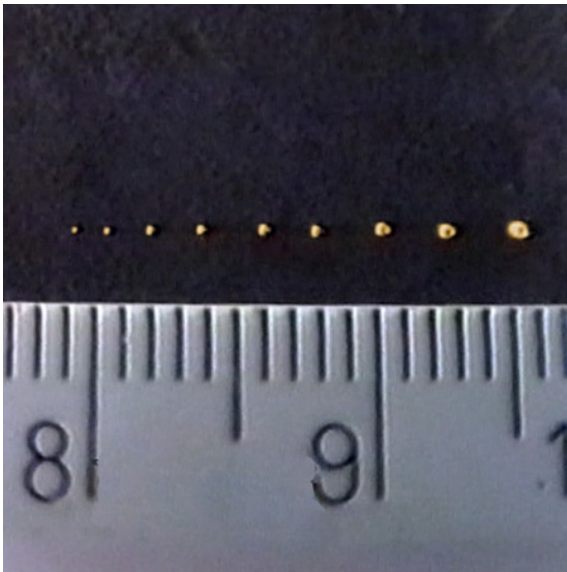


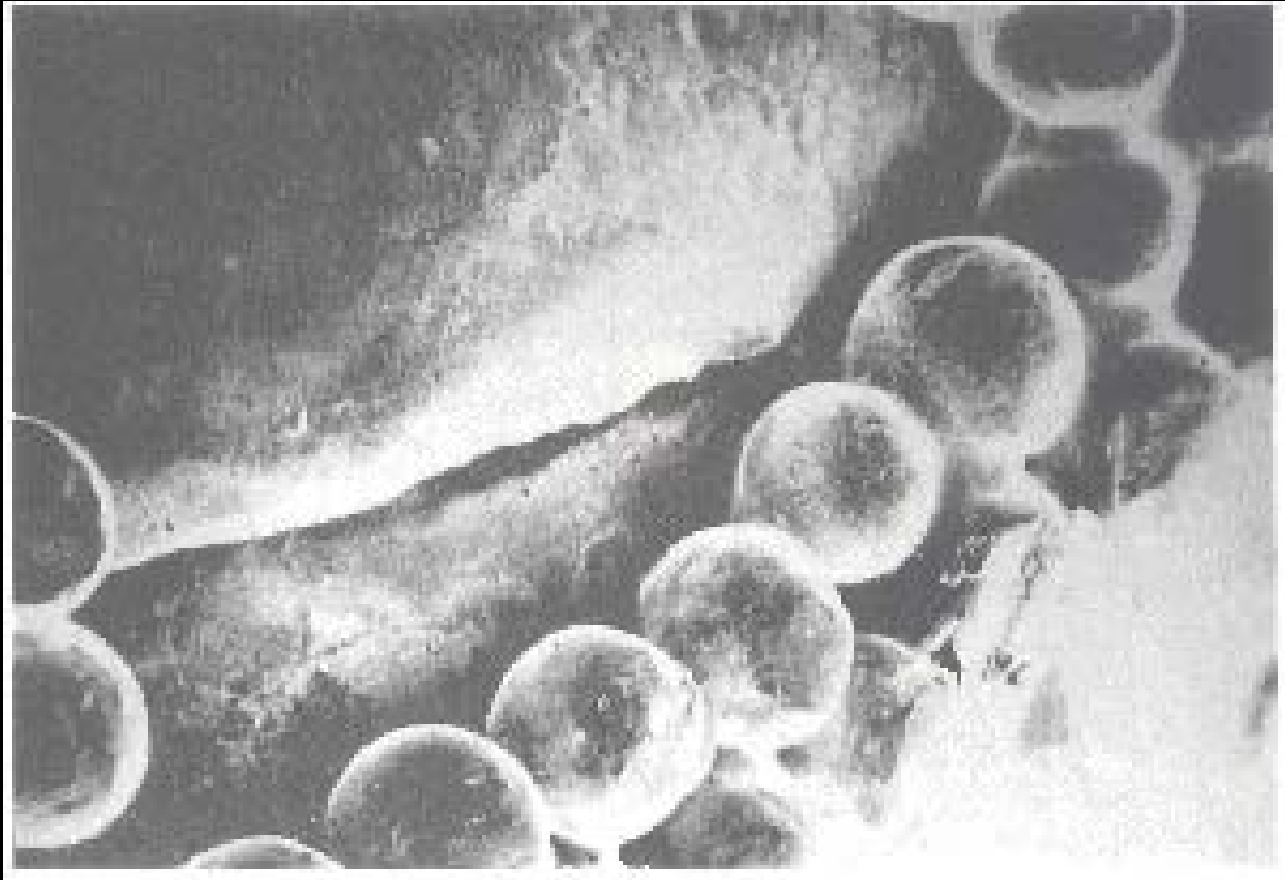
...tra l'ultimo quarto dell'VIII secolo a.C. e il primo del VII arrivarono in Etruria gli artigiani orientali, tra cui gli orafi, specialmente a Cerveteri e Tarquinia, importanti distretti minerari costieri.



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 microsferine 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.....



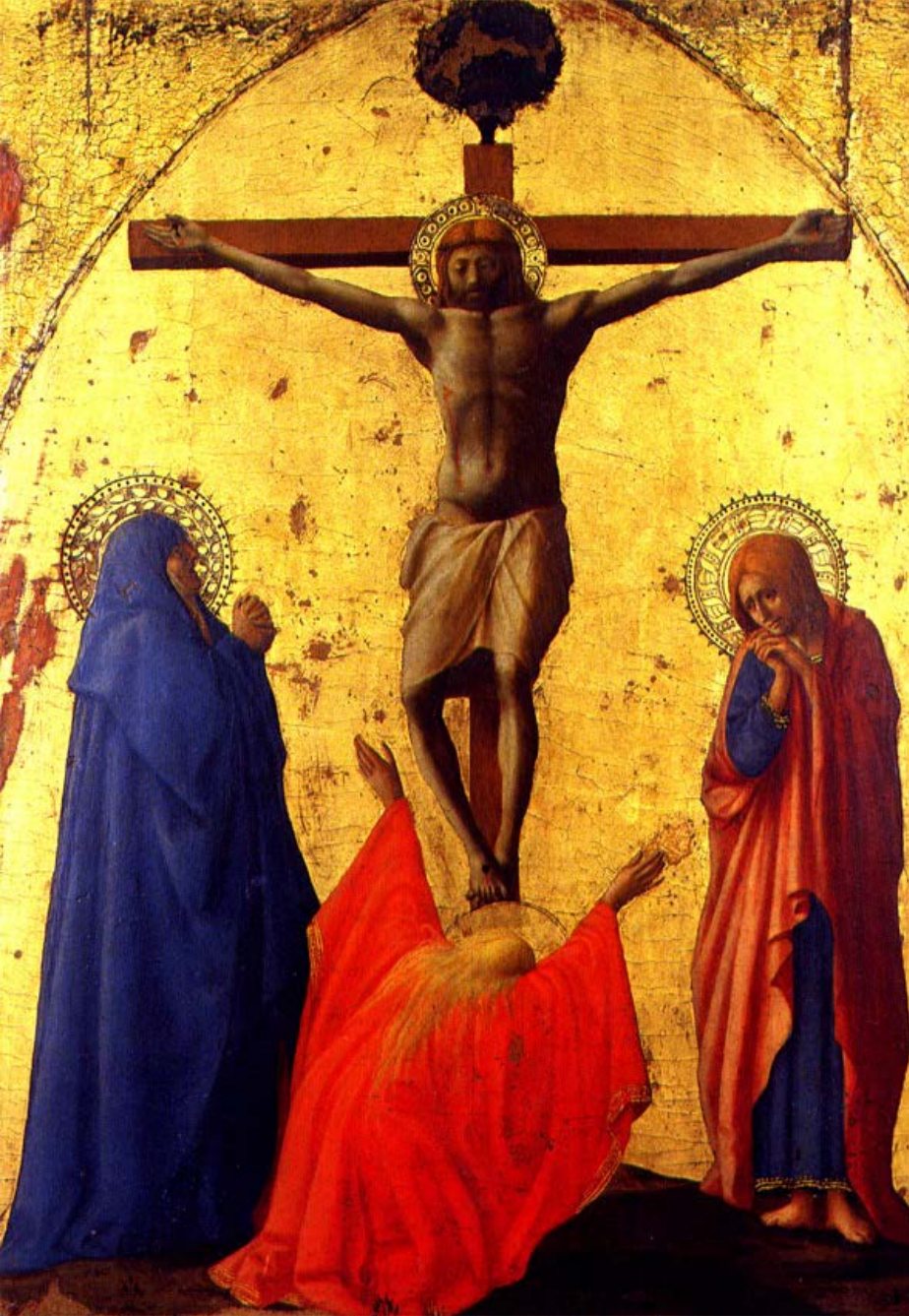


Collante con i Sali di rame, durante la saldatura rame metallico che forma una lega bassofondente con l'oro.

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





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

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

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  $8,5 \text{ cm}^2$ ) ricavate da un unico ducato.



applicazione della foglia su appretto di bolo

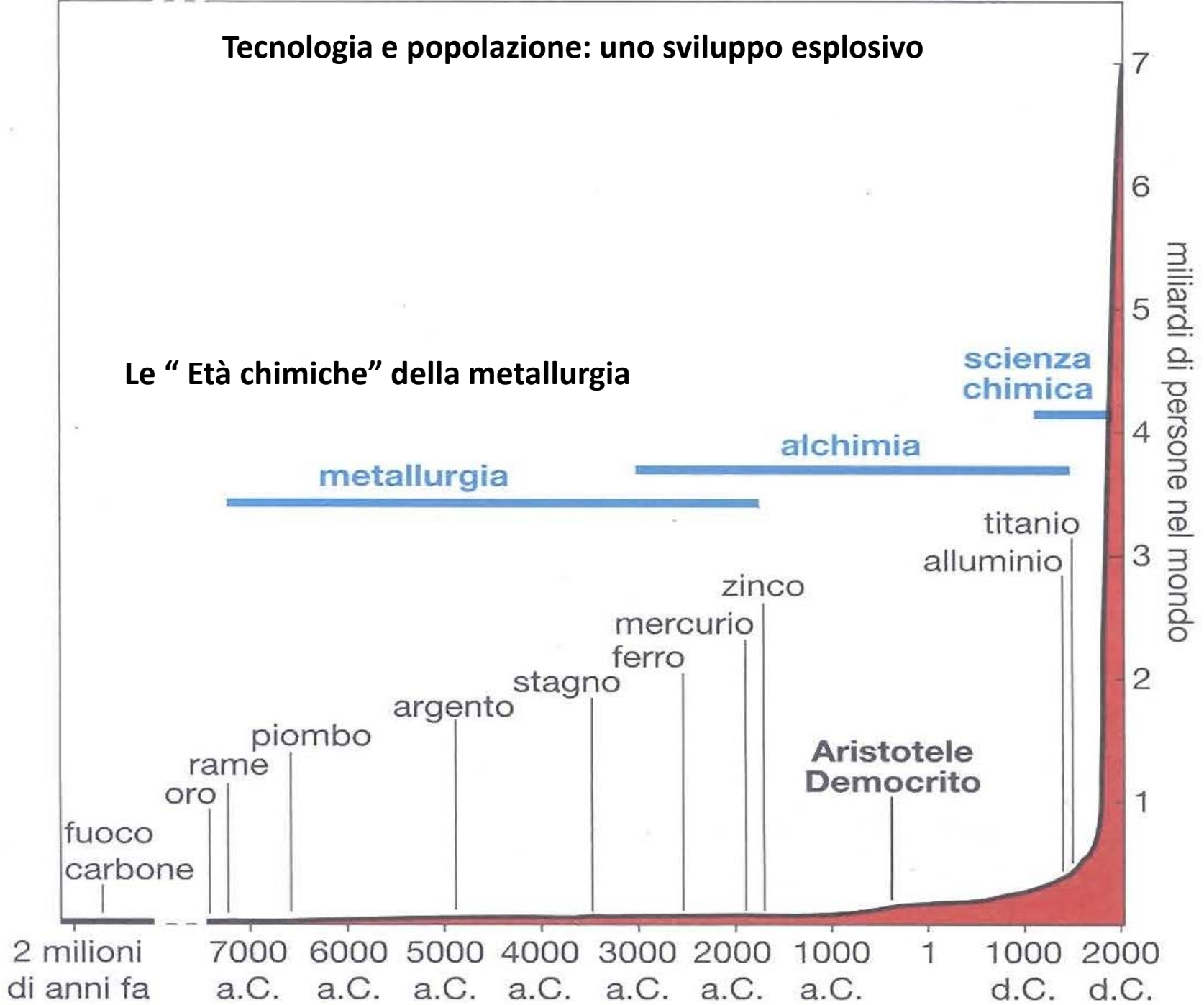


Sono prodotti da Giusto Manetti Battiloro i 200.000 fogli d'oro zecchino che ha fornito per la doratura della torre della "Haunted House" nella nuova sede milanese della Fondazione Prada.





# Tecnologia e popolazione: uno sviluppo esplosivo



Le "Età chimiche" della metallurgia

scienza chimica

alchimia

metallurgia

titanio  
alluminio

zinco

mercurio

ferro

stagno

argento

piombo

rame

oro

fuoco

carbone

2 milioni  
di anni fa

7000  
a.C.

6000  
a.C.

5000  
a.C.

4000  
a.C.

3000  
a.C.

2000  
a.C.

1000  
a.C.

1

1000  
d.C.

2000  
d.C.

miliardi di persone nel mondo

## Le “ Età chimiche” della metallurgia

Perché la metallurgia, resa possibile dalla precedente scoperta del fuoco e del carbone, è iniziata con una Età del rame e poi sia proseguita con l’Età del piombo, l’Età dello stagno (che in lega con il rame dà il bronzo) per arrivare in seguito all’Età del ferro, dello zinco e molto più tardi del titanio?

Questa particolare successione riflette la sequenza in cui l’uomo ha imparato a estrarre ciascun metallo dai minerali, e ha ragioni di carattere squisitamente chimico.

La **maggior parte dei metalli si trova** in natura sotto forma di composti inorganici e sono contenuti nei minerali prevalentemente **sotto forma di ossidi, di carbonati e di solfuri**. I **processi di arrostitimento** e di **calcinazione** costituiscono una delle fasi in campo metallurgico **per ottenere gli ossidi dei metalli contenuti nelle rocce** che, per successiva riduzione, danno luogo al metallo puro.

**Più è forte il legame metallo-ossigeno più alta sarà la temperatura richiesta dal processo metallurgico.**

La successione delle Età è stata dettata dalla nobiltà chimica dei metalli, cioè dalle proprietà chimiche degli elementi della tavola periodica.

**Rame**



29 **Cu**

nickel ← rame → zinco

**Aspetto**



metallo rosso-arancio

**Generalità**

Nome, simbolo, rame, Cu, 29  
numero atomico

La parola italiana "rame" deriva dal latino tardo "aeramen" che a sua volta deriva dal latino classico "aes". In molte lingue europee invece la parola che indica il rame deriva dal latino "cuprum" (es. inglese "copper", francese "cuivre", spagnolo "cobre", tedesco "kupfer", svedese "koppar", danese "kobber"). La parola "cuprum" però in origine non aveva nulla a che fare col rame, ma era un aggettivo riferito a Cipro. In epoca Greco-Romana le miniere di Cipro divennero famose per la qualità e la quantità di rame che vi si estraeva e l'isola diventò il maggior produttore di rame dell'epoca, così "cuprum" passò a significare rame.

Il rame metallo quasi nobile, che forma cioè un legame debole con l'ossigeno è stato ottenuto per primo poi seguito da Pb, Sn, Fe...

è l'unico altro metallo colorato con l'oro

**La lavorazione del rame affonda le sue radici nella preistoria: il più antico oggetto di rame a noi noto è un piccolo pendaglio ottenuto col minerale non lavorato, scoperto nella grotta di Shanidar in Kurdistan e risalente a ben 12.000 anni fa. Risalgono a 10.000 anni fa i primi utensili prodotti col rame lavorato: dei punteruoli scoperti in Anatolia e Mesopotamia. In Italia abbiamo le prime tracce del suo utilizzo solo alcuni millenni più tardi, a partire da 6.000 anni fa.**



1991 (ghiacciaio tra Austra e Italia).  
Ascia dell'uomo di Similaun del 3.200 a.C. (rame 99,7%); vicino al corpo di Ötzi, rame dalla toscana.







1886, la statua è ricoperta da **30 tonnellate di rame**. Nei suoi primi decenni di permanenza negli Usa iniziarono le lente trasformazioni: il **rame iniziava a diventare marroncino, quindi lentamente blu-verde**, fino ad assumere quel colorito a cui oggi ci siamo abituati.

Alla base delle trasformazioni, il **processo di ossidazione del rame esposto all'aria**. Il fatto che il colore attuale sia rimasto lo stesso per oltre 100 anni è dovuto al fatto che **il rame ossidato è ora stabile**.



...ma il contributo più grande alla trasformazione del mondo è dovuto a una sua proprietà: la duttilità. Esso non solo può essere ridotto in fogli sottili, ma anche in fili in grado di condurre l'elettricità, cosa che ha permesso la creazione di quella che possiamo definire la prima rete mondiale.

**Il momento in cui Volta impilò alcune coppie di dischetti di rame e di zinco, separandole con dischetti di cartone imbevuti di acqua salata o acidula, è iniziata l'“era elettrica”.**

**L'esperienza si svolse nel dicembre 1799 e l'invenzione della “pila” fu annunciata ufficialmente da Volta in una lettera alla Royal Society di Londra nel marzo 1800.**

Stannum,  
Plinio il  
Vecchio, si  
riferiva a  
una lega  
Ag-Pb, Sn  
noto come  
Pb bianco



$$T_f = 231,9^{\circ}\text{C}$$

Primo Levi definisce lo stagno come un metallo «amico» e cita, tra le qualità che lo rendono amichevole, il fatto che «si allega con il rame per dare il bronzo, materia rispettabile per eccellenza, notoriamente perenne e well established».

**TAVOLA PERIODICA DEGLI ELEMENTI**

**PRIMO LEVI**  
**IL SISTEMA PERIODICO**

ET SCRITTORI

Numero atomico →		3	6.941(2)	← Peso atomico (arrotondato ad un massimo di cinque cifre significative, IUPAC 1992). Per gli elementi che non hanno isotopi stabili è riportato il peso atomico dell'isotopo con il numero di massa indicato accanto al simbolo.	
Simbolo		Li		← Elettronegatività (secondo Pauling)	
Nome		Litio			
Configurazione elettronica		[He]2s <sup>1</sup>			
Numeri di ossidazione (più comuni)		+1	0.98		

																18 VIII	
																2 He Elio [He]	
		5	6	7	8	9											10
		B	C	N	O	F											Ne
		Boro	Carbonio	Azoto	Ossigeno	Fluoro											Neon
		[He]	[He]	[He]	[He]	[He]											[He]
		13	14	15	16	17											18
		III B	IV B	V B	VIB	VII B											
		5	6	7	8	9	10	11	12							17	18
		Li	Be	B	C	N	O	F	Ne	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
		[He]	[He]	[He]	[He]	[He]	[He]	[He]	[He]	[Ne]	[Ne]	[Ne]	[Ne]	[Ne]	[Ne]	[Ne]	[Ne]
		23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
		Al	Si	P	S	Cl	Ar	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Cu	
		[Ne]	[Ne]	[Ne]	[Ne]	[Ne]	[Ne]	[Ar]	[Ar]	[Ar]	[Ar]	[Ar]	[Ar]	[Ar]	[Ar]	[Ar]	
		45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	
		Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	
		[Ar]	[Ar]	[Ar]	[Ar]	[Ar]	[Ar]	[Ar]	[Ar]	[Ar]	[Ar]	[Ar]	[Ar]	[Ar]	[Ar]	[Ar]	
		71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
		Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	Fr	Ra	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	
		[Ar]	[Ar]	[Ar]	[Ar]	[Ar]	[Ar]	[Rn]	[Rn]	[Rn]	[Rn]	[Rn]	[Rn]	[Rn]	[Rn]	[Rn]	
		87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102
		K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
		[Ar]	[Ar]	[Ar]	[Ar]	[Ar]	[Ar]	[Ar]	[Ar]	[Ar]	[Ar]	[Ar]	[Ar]	[Ar]	[Ar]	[Ar]	[Ar]
		103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118
		Fr	Ra	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No
		[Rn]	[Rn]	[Rn]	[Rn]	[Rn]	[Rn]	[Rn]	[Rn]	[Rn]	[Rn]	[Rn]	[Rn]	[Rn]	[Rn]	[Rn]	[Rn]

La datazione dell'Età del Bronzo varia a seconda delle diverse zone geografiche: III millennio a. C. per i Paesi del Mediterraneo orientale e il Vicino Oriente e II millennio a. C. ca. per l'Europa occidentale. La scoperta del bronzo nacque dalla necessità di sostituire il rame, primo metallo scoperto, che poco si prestava a forgiare armi e utensili perché troppo fragile. La produzione del bronzo fu favorita da alcune circostanze, come l'esperienza acquisita nelle precedenti lavorazioni e il fatto che in taluni minerali oltre al rame vi era anche dello stagno, la cui fusione col rame diede il bronzo .





Lottatori, statuette in bronzo, Prima età del ferro Nuragico 900-500 a.C., da Monte Arcosu, Uta, Museo Archeologico Naz. Cagliari.



**Chiaromonte (PZ), Sotto la Croce. Tomba n. 110. Elmo tipo corinzio di lamina di bronzo, VI secolo a.C.**



Medio Regno Egizio (2055 – 1650 a.C.)





Colosso di Rodi, in bronzo alta 31 m e larga 7, di circa 600 t distrutta dal terremoto del 224 a.C.





La fusione del tronco della statua è avvenuta tra il IV e il VI secolo (alta 4,5 m). Per quel che riguarda la provenienza, invece, si fa riferimento alle "ipotesi più accreditate per la storia della statua", ovvero di area adriatica (dall'analisi delle terre di fusione prelevati all'interno del manufatto).





460 – 430 a.C.

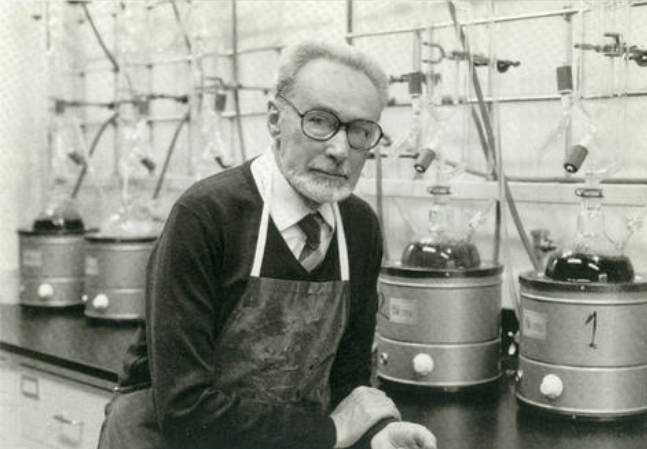
**Cosa accadde la mattina del 16 agosto del 1972? (Stefano Mariottini, sub romano )**

*«Ero uscito, come facevo di solito, per una battuta di pesca in mare e, verso mezzogiorno, mentre cercavo scogli isolati, vidi una spalla spuntare dalla sabbia. Immediatamente pensai, le confesso, che si trattasse di un morto. Solo quando vidi il colore verdastro, riuscii a toccare, constatai la perfezione anatomica, mi accorsi che si trattava metallo e mi tranquillizzai. A quel punto iniziai a spostare la sabbia con le mani per liberare la statua che poi sarà chiamata “A”, distesa sul fianco; evidentemente, col movimento delle pinne, smossi la sabbia che copriva ad un metro la statua “B”, rivelandone testa e piedi».*





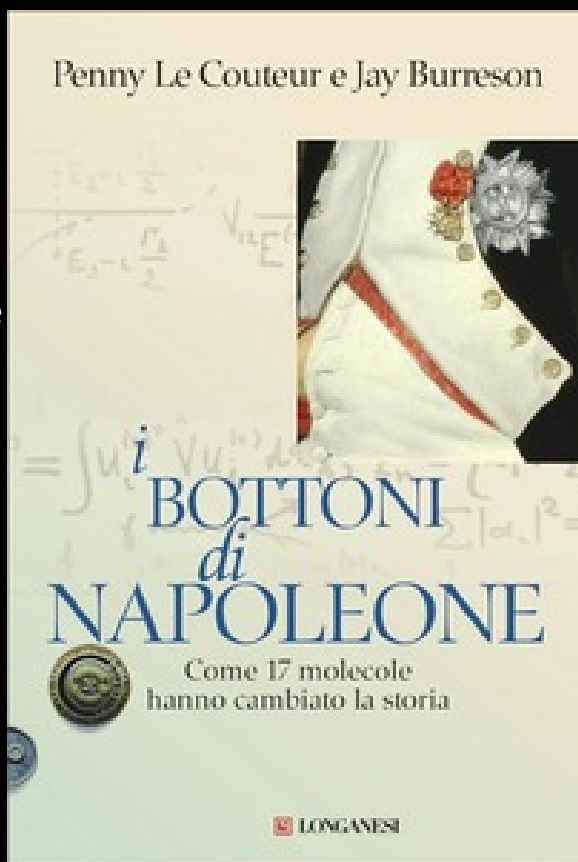




due allotropi: la forma “ $\beta$ ”, detta “stagno bianco”, in cui gli atomi sono legati fortemente (stabile al di sopra di 13,2 °C), e la forma “ $\alpha$ ”, detta “stagno grigio”, in cui gli atomi sono legati debolmente al tal punto che gli oggetti di stagno “alfa” si sminuzzano facilmente. Il passaggio  $\beta \rightarrow \alpha$  è noto con il nome di “peste dello stagno”, in quanto lo stagno si sgretola in profondità come se fosse una malattia molto grave; se il raffreddamento è rapido, libera molta energia che crea addirittura delle onde sonore ascoltabili.

.....perché fonde basso, quasi come i composti organici, cioè quasi come noi; ed infine, per due sue proprietà uniche, dai nomi pittoreschi e poco credibili, mai viste né udite (che io sappia) da occhio od orecchio umano, tuttavia fedelmente tramandate, di generazione in generazione da tutti i testi scolastici, la «peste» e il «pianto» dello stagno.

*p. 188, Il Sistema Periodico*



1812 campagna di Russia





Una analoga evoluzione delle età metallurgiche si osserva nel caso dei colori e, in particolare, per i pigmenti bianchi.



La biacca (carbonato basico di piombo) è stato il primo bianco della storia, usata sin dal tempo degli Egizi, e solo dopo millenni viene sostituita dall'ossido di zinco. Conosciuto come bianco di zinco, nasce come pigmento quando in Francia fu utilizzato per la prima volta nel 1780. I primi a mettere in commercio il bianco di zinco su larga scala furono Windsor & Newton nel 1834 con il nome di bianco cinese, di formulazione molto densa e specifica per acquerello.



.....e infine nel Novecento dallo stabilissimo biossido di titanio.



***Per questa singolare evoluzione parallela, l'ultimo metallo trattato sarà il titanio.***



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.





Lockheed SR-71, "Blackbird", utilizzato dal 1966 fino al 1989, costituito per il 93% del proprio peso in lega di titanio, che ha infranto alcuni record come la maggior velocità mai raggiunta da un aereo con pilota, 3.530 km/h, e l'altezza massima di quasi 26.000 metri.

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<sup>2</sup> del Museo Guggenheim di Bilbao ha impiegato 33.000 pannelli 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.....





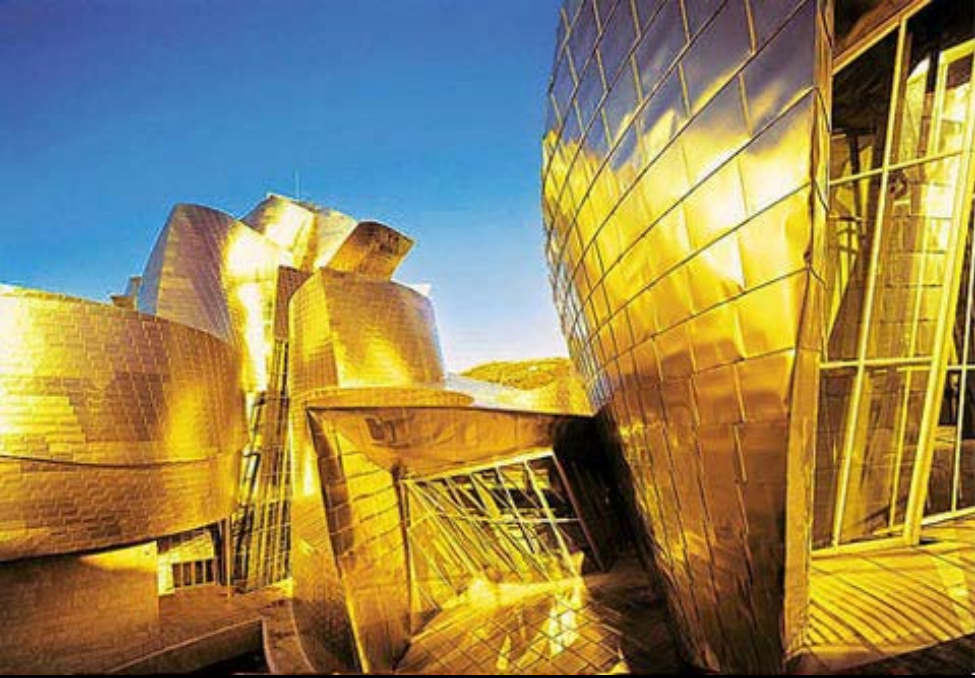
**Museo Guggenheim Bilbao** Frank O. Gehry inaugurato nel 1997













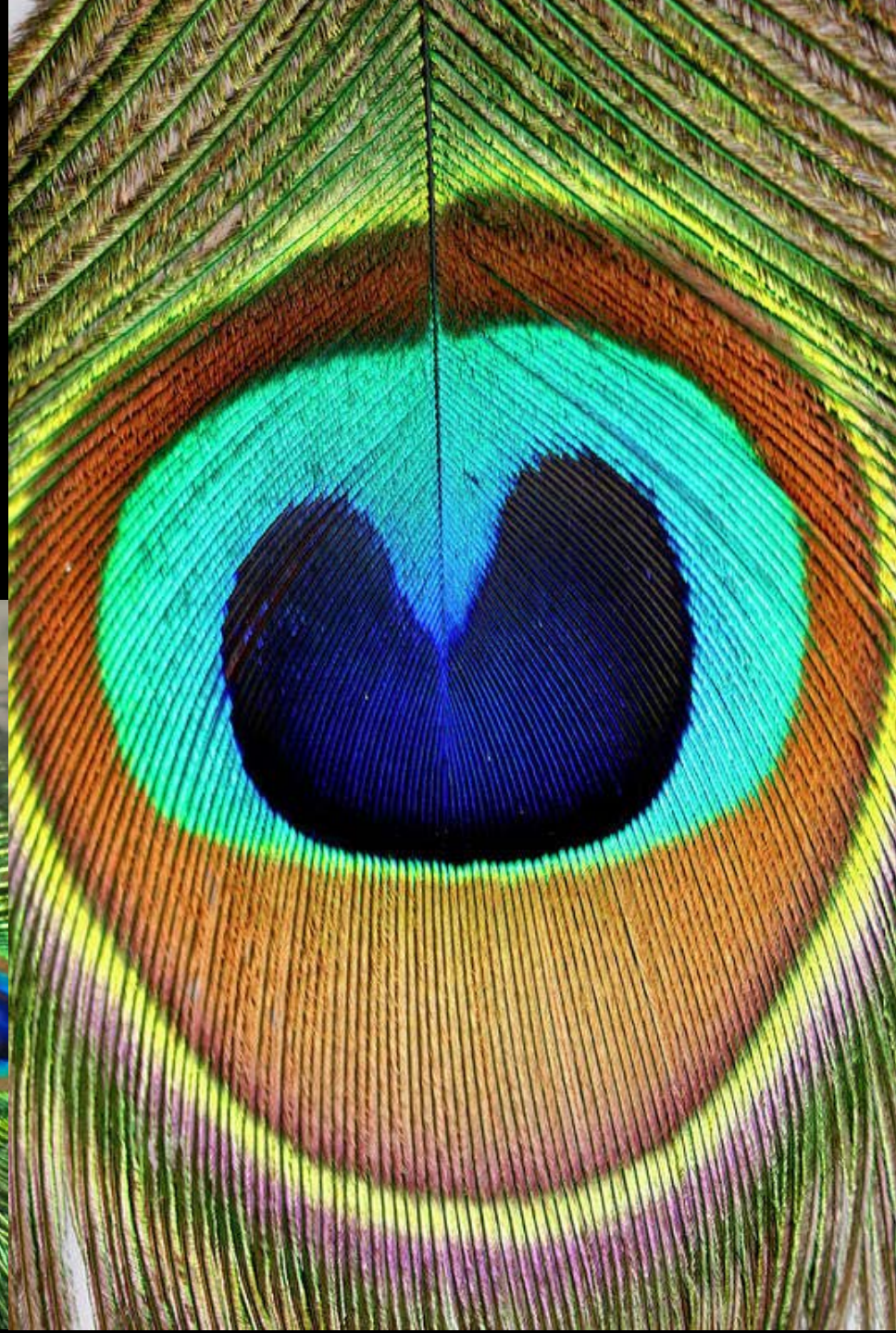


*In Italia i primi gioielli in titanio risalgono agli anni Settanta quando l'incontro tra Pietro Pedeferra, che sperimentava la colorazione elettrochimica del titanio, e l'orafo James Riviere determinò un nuovo corso per il gioiello in titanio. Ma, esclusi pochi audaci pionieri, il gioiello di titanio 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.*



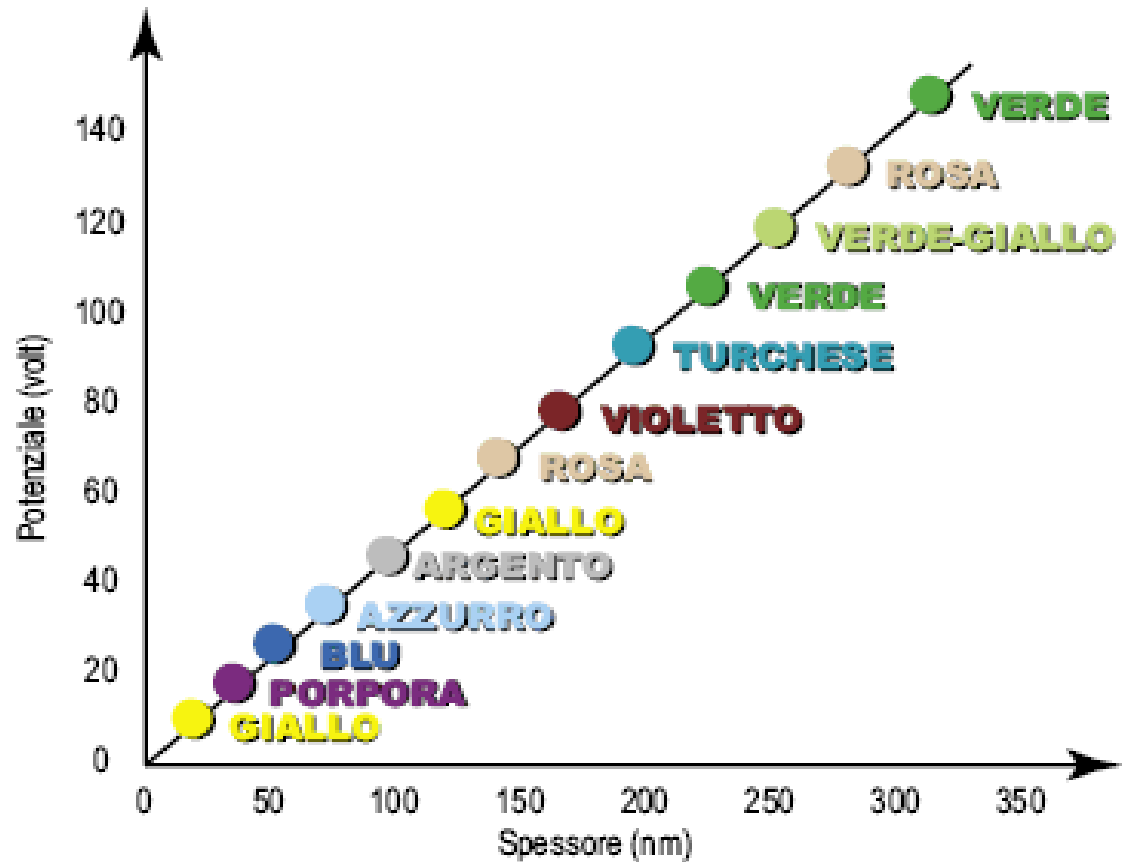
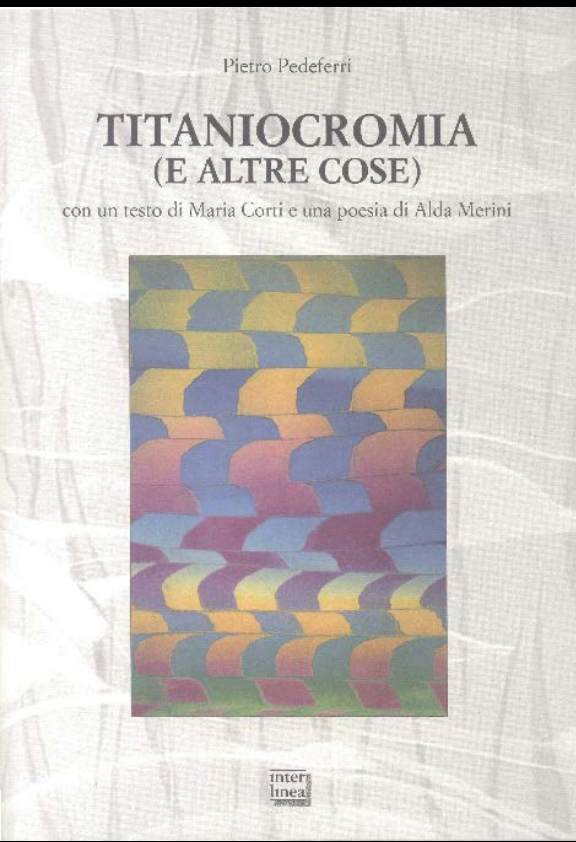






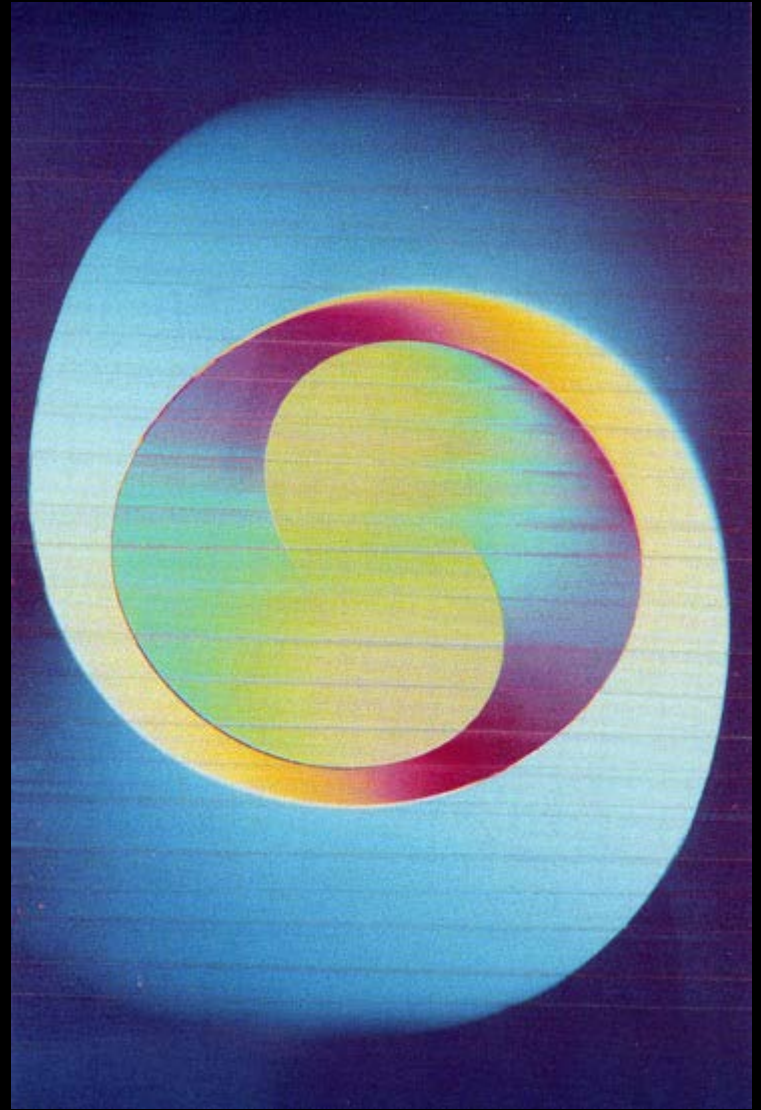
Pietro Pedefferri (1938-2008) ha ideato una tecnica di colorazione (ossidazione per via elettrochimica) che consente di far assumere al titanio una straordinaria gamma di colori.

## La tavolozza del titanio

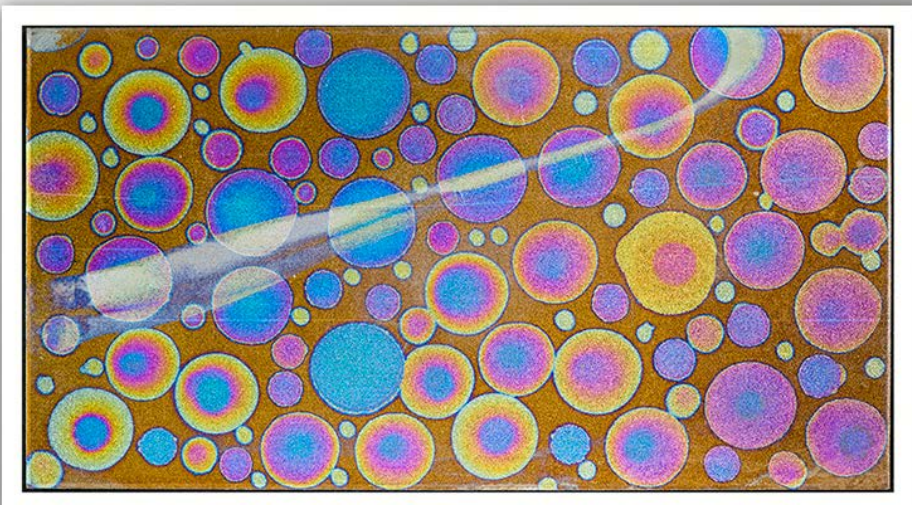
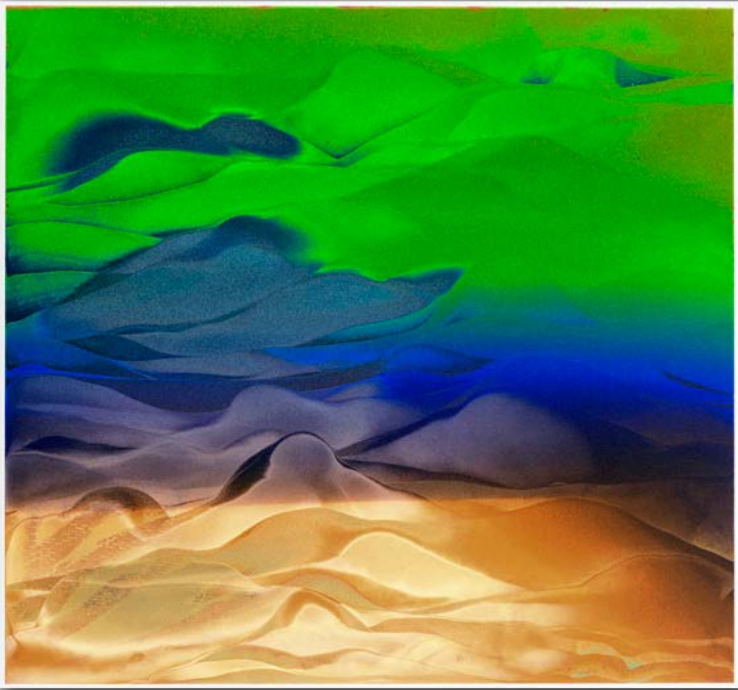


## Potenziale elettrico e spessori della pellicola d'ossido e colori

Questa sua attività artistica ha avuto diversi riconoscimenti: il più prestigioso fu il premio ricevuto a Parigi, in compagnia del matematico Mandelbrot, lo scienziato noto come l'inventore dei frattali, nel concorso Science pour l'art nel 1989.









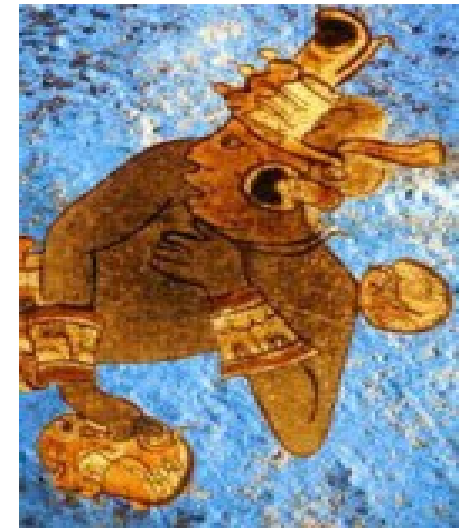


L'ADSORBIMENTO DI COLORANTI .....indagine sulla tecnologia di fabbricazione di un colore blu delle antiche CULTURE PRECOLOMBIANE



## PIGMENTO BLU MAYA

- Pigmento di straordinaria stabilità (inalterato da attacco con acidi HCl, HNO<sub>3</sub>, alcali, solventi organici, ossidanti, riducenti, calore moderato), un blu brillante fino ai nostri giorni
- utilizzato dal VII secolo Periodo Classico Maya
- "Riscoperto" dall'archeologo di Harvard R. E. Merwin a Chichén Itzá nel 1930
- la composizione è rimasta un mistero fino al 1960. Dean Arnold, che nel corso della sua indagine di oltre 40 anni ha unito etnografia, archeologia e scienza dei materiali .







Gli affreschi di Bonampak sono stati scoperti nel 1946 , sono in tre stanze all'incirca per 112 m<sup>2</sup> e furono dipinti attorno all'anno 790 d.C.



# Ecco il mistero del blu Maya il colore del sacrificio e dell'arte

*Una grande conquista artistica e tecnologica della Mesoamerica*



Il tripode che ha aiutato gli scienziati a scoprire il mistero del colore( Field Museum, Chicago). Un recipiente di terracotta rinvenuto nel 1904 nel sacro Cenote, un pozzo naturale che si trova nel complesso di Chichen Itzà .



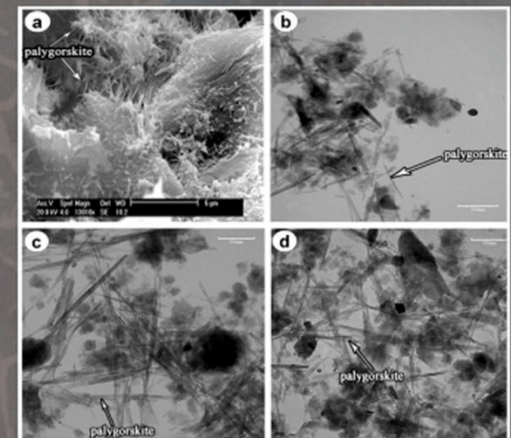


L'oggetto, contenente molti frammenti di un'ambra chiamata copale, è stato analizzato con il microscopio elettronico che ha individuato tracce di indaco, un colorante che si ottiene dalla fermentazione delle foglie di *Indigofera tinctoria*, e palygorskite, un minerale argilloso. Questi ingredienti venivano fusi a caldo e il processo fissava il colore

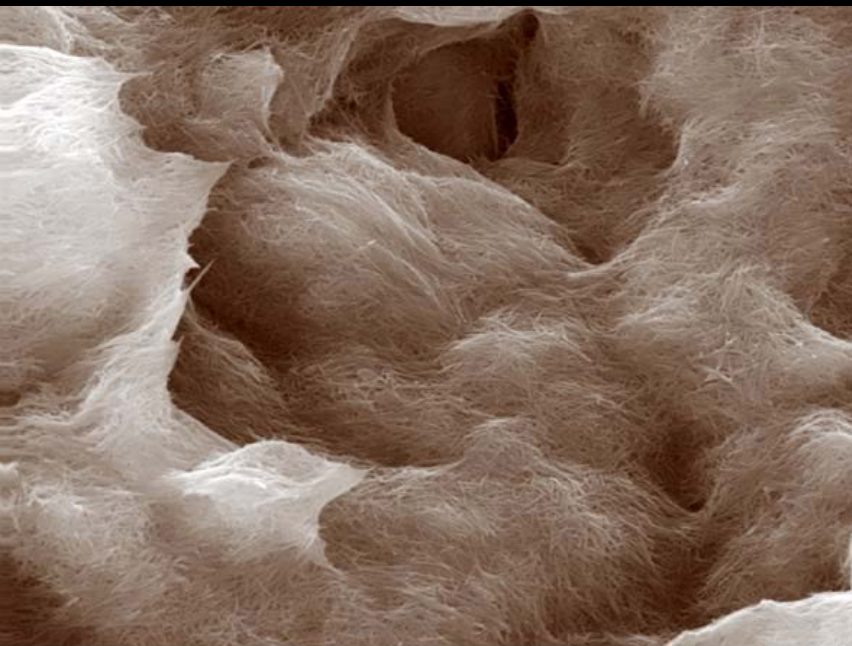


DEVELOPMENTS IN  
PALYGORSKITE-SEPIOLITE RESEARCH  
A NEW OUTLOOK ON THESE NANOMATERIALS

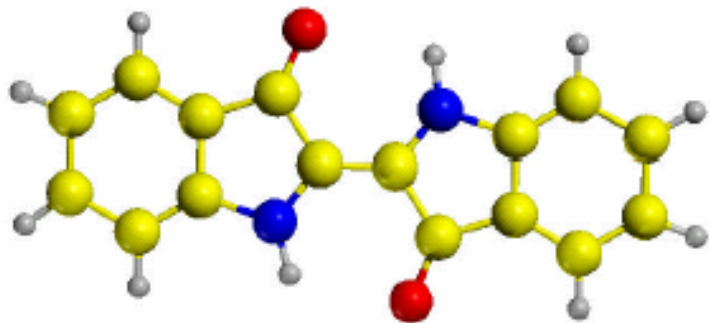
EDITED BY  
EMILIO GALAN  
AND  
ARIEH SINGER†



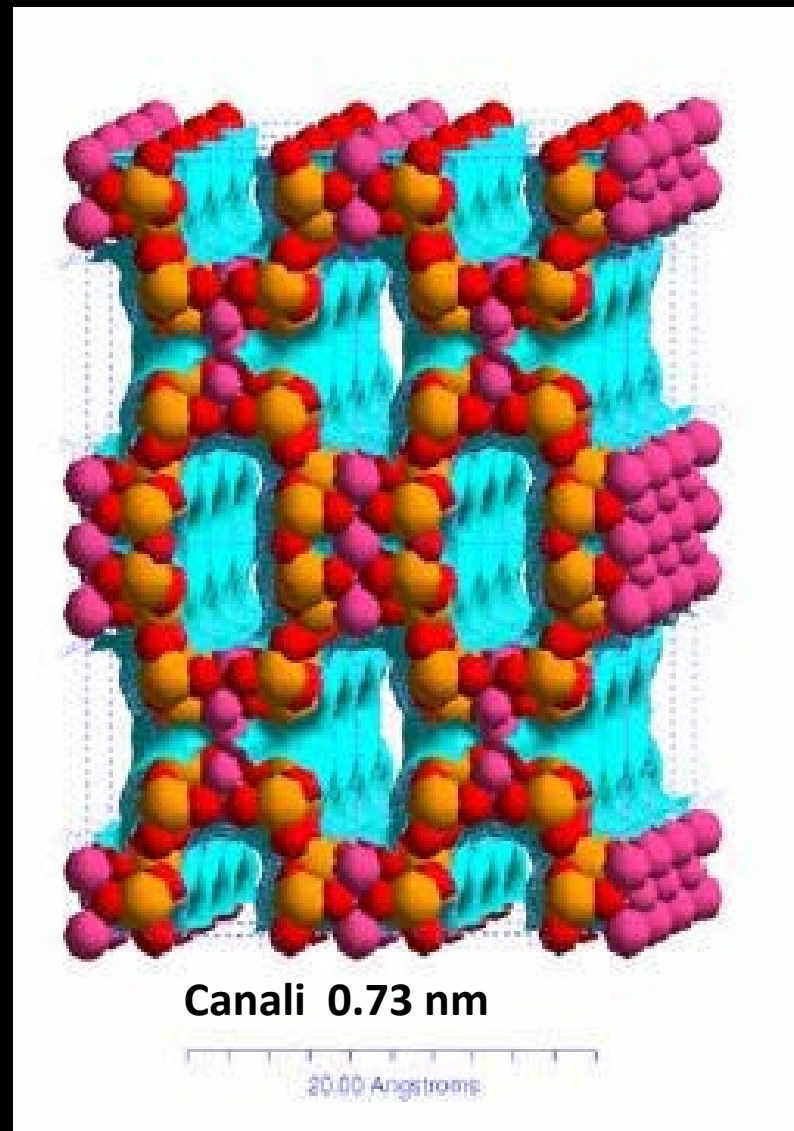




8 $\mu$ m 3000X



Molecola dell'indaco larga circa 0.48 nm



Canali 0.73 nm

20.00 Angstroms



Indigofera suffruticosa

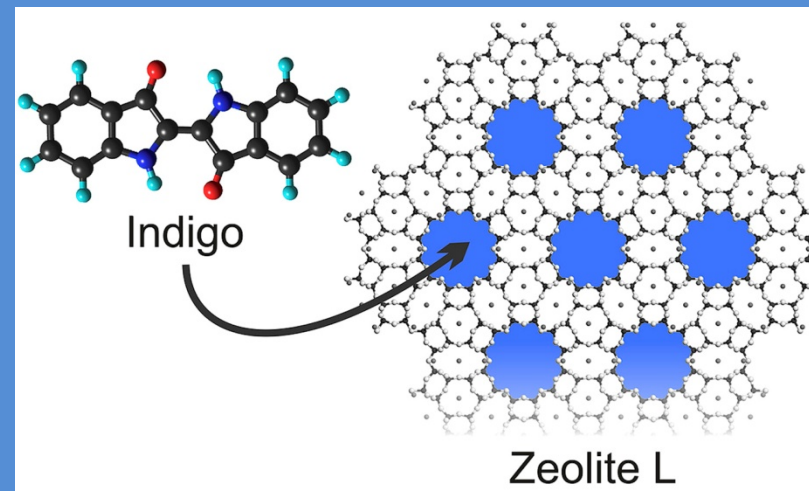
## RICETTA MAYA

- Fermentazione
- Estrazione dell'indaco
- Miscela con argilla (palygorsskite) e copale
- Riscaldamento a 120°C per tre giorni

Il Pigmento Blu Maya è un materiale nanostrutturato ibrido organico-inorganico, in cui l'indaco è intrappolato e stabilizzato all'interno dei canali dell'argilla.

I MAYA inventarono il pigmento naturale più stabile una applicazione nanotecnologica ante litteram!

*I materiali ibridi organico-inorganico ossia costituiti da fasi organiche e inorganiche intercalate su scala molecolare o nanometrica.*







*Cacaxtla 850-1292 d.C*



A RAQQA  
CERCANDO  
PADRE  
DALL'OGGIO  
di Amedeo Ricucci

AVE BARDO,  
E SHAKESPEARE  
REINVENTO  
L'ANTICA ROMA  
di Nadia Fusini

DENZEL  
WASHINGTON:  
IO CONTRO  
LE INGIUSTIZIE  
di Roberto Croci



## È NATO UN COLORE

Vedete questo blu? Si chiama YInMn. Vale milioni di dollari e lo ha creato in Oregon un chimico indiano. Siamo andati a scoprire come ha fatto. E perché è già partita la corsa al prossimo pigmento: un rosso miliardario

reportage di **Riccardo Staglianò** con gli articoli di **Marco Romani** e **Tomaso Montanari**

## Grazie alla chimica un nuovo, bellissimo, blu

Il Blu YInMn (BLUETIFUL) l'ultima tonalità di blu ad essere stata sintetizzata. Il suo predecessore più risalente è, invero, il blu di brema, sintetizzato nel 1858, seguito, a quasi 160 anni di distanza, dal blu cobalto e dal blu di prussia, rispettivamente del 1706 e del 1802.

*Pigmento chimicamente stabile e che non cambia colore con l'illuminazione, bassa tossicità, proprietà peculiare è quella di riflettere la radiazione infrarossa, in modo tale da diminuire il riscaldamento da irraggiamento luminoso di tutti gli oggetti verniciati; ottimale componente per le vernici per automobili e per il restauro dei dipinti.*





**Gli Egizi diedero vita al primo colore di origine inorganica della storia, vale a dire il “blu egizio”, *si tratta del primo colore artificiale realizzato nella storia dell’essere umano, che ebbe grande diffusione e ampio utilizzo anche presso altre civiltà, quali gli Etruschi, i Greci e i Romani. Soprattutto grazie ai Romani siamo a conoscenza di alcuni dettagli importanti: infatti, all’interno del “De Architectura” di Vitruvio, in cui il 'blu egizio' viene chiamato *caeruleum*, vi è la descrizione del procedimento e gli ingredienti per prepararlo.***

**Questo particolare pigmento dal colore blu intenso ha un discreto potere coprente ed è, nella sua composizione chimica, un doppio silicato di rame e calcio ottenuto dal riscaldamento della silice, malachite, carbonato di calcio e carbonato di sodio. In passato vi erano sicuramente svariati modi per comporlo, ma con il finire dell’epoca romana il blu 'egizio' sarebbe caduto in disuso (sostituito dai lapislazzuli).**

**2020 Il pigmento ritrovato:  
il blu egizio negli affreschi di Raffaello a Villa Farnesina**

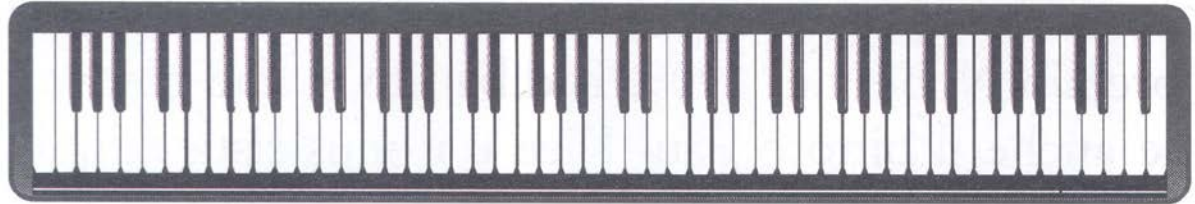
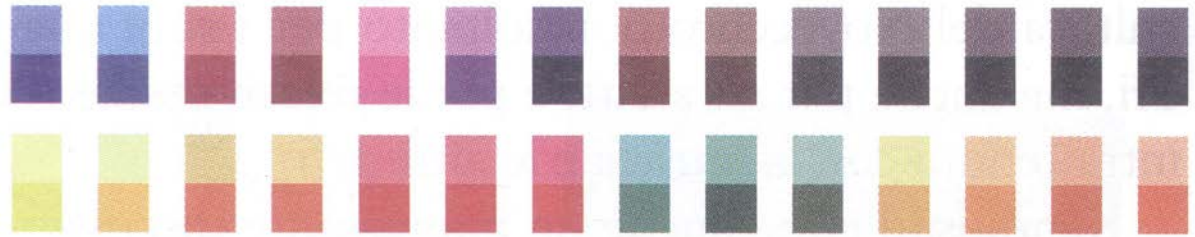


Per dipingere il blu degli occhi della bella Galatea, ma anche il cielo e il mare che le fanno da sfondo nella lussureggiante loggia di Villa Chigi a Roma, oggi conosciuta come Villa Farnesina, **Raffaello aveva messo a punto un esperimento unico ricreando in bottega il celeberrimo "blu egizio", il primo colore artificiale della storia.**

**Una scoperta inaspettata e importante:** è la prima volta che si ritrova in un'opera di Raffaello questo pigmento, gli studiosi ritengono che si tratti di un unicum.



Kandinskij ebbe 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**