

- 5 Editoriale  
Crisi coronavirus: pericolo o opportunità per la scuola?  
*Riccardo Carlini*
- 9 Dalla Copertina  
Peter William Atkins  
*Liberato Cardellini*
- 11 Intervista con Peter William Atkins  
*Liberato Cardellini*
- 23 Densità dell'ozono e dello zolfo allo stato di vapore nel  
Sunto di Cannizzaro  
*Giuliano Moretti*
- 31 Vuoti urbani al tempo del COVID: quando i materiali sono  
davvero importanti!  
*Riccardo Carlini, Giovanna Rosito, Giovanna Burlina,  
Francesca Palmonella*
- 49 Il bacio di Hayez: arte e chimica per superare le distanze  
*Riccardo Carlini, Rosamaria Malerba, Carla Lotto,  
Francesca Palmonella*
- 67 Le dodici pietre del pettorale del Giudizio – Lo Zaffiro  
*Pasquale Fetto*
- 81 Federchimica per la scuola  
“Coronavirus safety” sito internet di Assosistem Safety  
*Luigi Campanella*
- 83 Poesia e Scienza  
*Pasquale Fetto*

## **EDITORIALE**

### **Crisi coronavirus: pericolo o opportunità per la scuola?**

**Riccardo Carlini**

Liceo Artistico “Klee-Barabino”- Via Giovanni Maggio 5, Genova

Ormai da parecchi anni si discute di quanto la didattica associata ai nuovi mezzi tecnologici sia efficace o meno. I pareri sono spesso discordanti e l'orientamento è quello di integrare le nuove tecnologie con la didattica classica, didattica che, sebbene abbia visto grandi innovazioni negli argomenti e nelle modalità, rimane incentrata sul rapporto diretto insegnante-studente. Il mezzo tecnologico viene generalmente percepito da entrambi gli attori come un ostacolo per l'apprendimento diretto delle conoscenze e per il raggiungimento delle competenze. Questo ostacolo, in effetti, esiste in quanto l'uso di mezzi differenti da quelli classici può indurre a un distacco progressivo tra gli operatori scolastici e il corpo studentesco. È innegabile, inoltre, che esso possa causare un inaridimento dei rapporti personali diretti. In realtà, però, se analizziamo tutte queste considerazioni in un altro contesto ci accorgeremo che fortunatamente, proprio grazie a questi mezzi innovativi, la nostra istruzione può vedere garantita la sua prosecuzione in periodi nel quale tutto sembra cadere a rotoli.

Purtroppo il dramma dell'epidemia di Covid-19 che ha colpito l'intera umanità è stato tanto disastroso quanto impreveduto. Il suo arrivo ha minato alle basi gran parte delle certezze che il mondo occidentale riteneva fisse e inviolabili. Sono bastati pochi giorni per vedere che tutto l'impianto sociale su cui abbiamo basato i nostri rapporti, le nostre istituzioni, la nostra economia fosse vulnerabile. Da un momento all'altro ci siamo trovati a vedere sospese gran parte delle nostre attività che ritenevamo consuete e scontate. In pochi giorni si è passati dal considerare questo evento epocale come una banale influenza al cataclisma che avrebbe messo a rischio l'intera umanità.

Come è successo per qualsiasi altra istituzione anche la scuola ne è stata colpita. Sebbene con piccole differenze iniziali tra regione e regione, la scuola ha visto un iniziale approccio all'epidemia basato principalmente sulla diffusione delle informazioni che fino ad allora erano disponibili.

Noi docenti ci siamo limitati a leggere i vari comunicati ministeriali

e a ribadire l'importanza dell'igiene nel contesto sociale: questo sembrava potesse bastare per proteggere tutti dal contagio. Purtroppo non è stato così. Già dall'inizio, i nostri studenti, impreparati a questo tsunami, si affidavano principalmente agli insegnanti di chimica, biologia e scienze per ottenere delle informazioni più accurate sul problema. Noi per nostro conto, potevamo solo cercare di rispondere alle numerosissime domande tentando di acquisire altre informazioni da fonti certe e tradurle per i nostri studenti. Il periodo che ha preceduto la sospensione didattica è stato caratterizzato da momenti di forte confusione e smarrimento che tuttavia non potevano far presagire quello che sarebbe accaduto.

Subito dopo gli scrutini del primo quadrimestre, in un momento di massima attività, sembra che la scuola, come gran parte delle espressioni sociali della nostra civiltà, sia risucchiata nel grande vortice causato dal coronavirus. Ignari, probabilmente di quanto la situazione fosse grave, abbiamo continuato la nostra didattica come sempre e ci siamo trovati, di punto in bianco, confinati a casa senza avere la minima idea di quanto sarebbe durata la sospensione e di come affrontare il problema. Naturalmente questo confinamento era necessario quanto opportuno e, al di là delle polemiche, è stata certamente la scelta più adeguata, e direi l'unica a disposizione, per tutelare la salute degli studenti, del personale scolastico e delle rispettive famiglie.

Durante la prima settimana di sospensione didattica, personalmente, ho cercato di proseguire il mio insegnamento utilizzando i mezzi che mi consentivano di mantenere i contatti con i miei studenti. Da subito ho consultato la dirigenza, informato i coordinatori e proceduto con le prime prove di quell'azione che, successivamente, sarebbe diventata tanto diffusa con il nome di didattica a distanza. Grazie a questa scelta, almeno per quanto riguarda la mia materia, gli studenti non sono stati costretti a sopportare passivamente l'evoluzione degli eventi e hanno potuto mantenere i contatti con quella scuola che improvvisamente è venuta a mancare. Per circa tre settimane si è proceduto con videolezioni, rilevando un'intensa partecipazione sia nei numeri delle presenze sia nella qualità degli interventi. Gli studenti ritrovavano in queste lezioni quella normalità che era scomparsa. Non appena la situazione è andata in fase di definizione, anche gli organi ministeriali hanno ritenuto fondamentale fornire delle linee guida che andassero a potenziare la didattica a distanza: con diversi decreti e

normative hanno iniziato a fornire informazioni indispensabili per iniziare un lavoro più organico e incisivo. Lo stesso programma Classeviva ha messo a disposizione l'utilizzo delle aule virtuali: questo strumento, sconosciuto ai più, si è rivelato molto utile per gestire lo scambio dei materiali con gli studenti, per programmare le differenti tipologie di intervento didattico e per organizzare nuovi calendari didattici che riproducessero quelli già in uso nelle scuole.

Inizialmente non è stato facile riuscire a incastrare tutte le lezioni, restando nei tempi previsti dall'ordinamento scolastico, però ci abbiamo provato e abbiamo ottenuto dei compromessi molto soddisfacenti. Gli studenti hanno dimostrato grande attenzione al problema, cercando di favorire al massimo questa tipologia di didattica. Loro, generazione multimediale, si sono rivelati molto spesso guide fondamentali, insegnando ai docenti il modo di percorrere queste nuove strade che apparivano tortuose.

Appena tutto il sistema è andato a regime, e inaspettatamente tutto ciò è avvenuto in modo molto rapido, la didattica ha preso il volo. L'organizzazione delle videolezioni, proprio per la tipologia di intervento, ha consentito di minimizzare gran parte di quei rallentamenti che necessariamente si creavano in classe. La puntualità degli studenti e la preparazione degli insegnanti hanno consentito che le lezioni venissero sfruttate per intero. Ecco che i programmi, dopo un primo rallentamento, hanno ripreso a correre con nuovo slancio e nuovo vigore. Gli studenti stessi, di fronte al crollo delle proprie certezze, hanno trovato nella scuola un punto fermo, un modo per continuare a socializzare con i propri compagni, un mezzo per ritrovare una di quelle libertà che si davano per scontate e che sono venute a mancare.

In questo ritrovato equilibrio dinamico, grazie alla validità dei programmi informatici e delle piattaforme disponibili, è stato possibile effettuare non solo lezioni frontali, ma anche vere e proprie *conference call*, creare gruppi di approfondimento ed effettuare attività sperimentali.

Per noi chimici, dover rinunciare alle attività pratiche per insegnare la nostra materia è una vera e propria condanna. Per fortuna che, con qualche piccolo sforzo e diversi supporti tecnologici, è stato possibile ovviare al problema. Gli studenti stessi hanno chiesto di poter continuare a effettuare qualche esperimento, e allora ecco che sono state organizzate delle attività pratiche realizzabili a casa, individualmente,

con la guida del docente in remoto. Con il solo ausilio di una webcam, il docente ha potuto mostrare, passo dopo passo, le varie fasi degli esperimenti che gli studenti hanno svolto a casa, molto spesso coinvolgendo i propri familiari.

Adesso che ci stiamo avvicinando alla ben nota fase 2 che dovrebbe prevedere, a passi molto piccoli e lenti, il ritorno verso una normalità, la DAD deve compiere un salto di qualità. Ormai abbiamo costruito un sistema che ha consentito di proseguire in modo pressoché identico il nostro intervento didattico, garantendo quel diritto fondamentale all'istruzione che rischiava di essere precluso per colpa di un evento straordinario.

Ormai ci stiamo avvicinando alla fine dell'anno scolastico ma al nostro rientro tutto sarà cambiato!

Non potremo dimenticarci di tutto l'impegno profuso in questa battaglia, non potremo più trincerarci dietro i nostri pregiudizi verso la tecnologia. Abbiamo dato prova di competenza, essendo noi stessi i protagonisti di questa nuova forma di didattica che dovrà acquisire, in futuro, il ruolo che merita. Proprio grazie a questo periodo speciale che abbiamo vissuto, ripartiamo da una posizione privilegiata: sappiamo che la DAD funziona anche, e oserei dire soprattutto, nelle difficoltà. La speranza è che, rientrando nelle nostre classi, possiamo associare la DAD alle forme classiche di didattica basate sulle lezioni frontali, sull'interazione dei diversi attori, sulla trasmissione dei contenuti, sulle attività pratiche, sull'apprendimento cartaceo. Con l'utilizzo della tecnologia in modo sempre più massiccio e puntuale potremo potenziare tutte queste forme di didattica già ben strutturate, ne favoriremo l'inclusività e la qualità, daremo spazio all'intervento diretto dei ragazzi che potranno esprimersi mediante uno dei punti di forza delle nuove generazioni. Tutto ciò ci consentirà di superare alcuni pregiudizi che, sotto certi aspetti, hanno impedito alla scuola di adeguarsi al passo dei tempi.

Facendo riferimento al titolo di questo editoriale, proprio nel territorio dove tutto è iniziato, la Cina, il termine *crisi*, *wéijī*, viene rappresentato da due ideogrammi, 危机: il primo, 危, significa "pericolo" e l'altro, 机, "opportunità". Se, come auspichiamo, via via ci lasceremo il pericolo alle spalle, non resta altro che approfittare di tutte le opportunità che questa crisi ci sta offrendo per il futuro.

**DALLA COPERTINA**

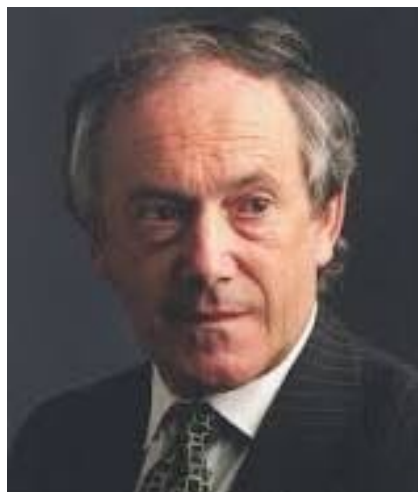
**a cura di Pasquale Fetto**  
pasquale.fetto@didichim.org

**Peter William Atkins**

**10 Agosto 1940**  
**Amersham (UK)**

**di**

**Liberato Cardellini**



*Peter William Atkins nel 2004*  
Fotografia di Jerry Moran, Studio  
Edelmark.

## **Note Biografiche**

**Liberato Cardellini**

Dipartimento SIMAU, Facoltà di Ingegneria,  
Università Politecnica delle Marche, Ancona.  
l.cardellini@univpm.it

Peter Atkins ha studiato all'Università di Leicester, ed è rimasto in quella università per il suo dottorato di ricerca. Poi si è trasferito all'UCLA come Harkness Fellow ed è stato assunto all'Università di Oxford nel 1965, dove ha prestato servizio come professore di chimica e membro del Lincoln College; recentemente è andato in pensione. La sua ricerca si è concentrata nel campo della chimica teorica, in particolare della risonanza magnetica e delle proprietà elettromagnetiche delle molecole, tuttavia si è molto dedicato alla scrittura di libri di testo e ora il numero dei suoi libri è vicino ai 60.

Il più noto tra questi è *Physical Chemistry* [1], un importante libro di testo nello spirito del classico lavoro *Thermodynamics*, di Gilbert Newton Lewis e Merle Randall [2]. Altri libri di testo includono *Inorganic Chemistry* [3],

*Molecular Quantum Mechanics* [4] e diversi testi di chimica generale.

Ha anche scritto libri sulla scienza – in particolare sulla chimica – per il grande pubblico, come *Molecules* [5] e *The Periodic Kingdom* (6). A questo pubblico più vasto dimostra l'importanza della scienza e in *Galileo's Finger* [7], identifica le dieci idee più importanti della scienza. Atkins è profondamente coinvolto in una varietà di attività internazionali, tra cui (fino all'inizio del 2006) presiedere il comitato per l'istruzione chimica della IUPAC<sup>1</sup>, che ha il compito di migliorare l'istruzione chimica in tutto il mondo, in particolare nei paesi in via di sviluppo, e di incoraggiare e coordinare gli sforzi internazionali verso il pubblico apprezzamento della chimica. È stato un membro dei Consigli della Royal Society of Chemistry<sup>2</sup> e della Royal Institution of Great Britain<sup>3</sup>, un membro dell'Ufficio di presidenza della IUPAC<sup>4</sup>, ed è attualmente consulente di SOCED<sup>5</sup>.

### Note

1. Committee on Chemistry Education of IUPAC.

<http://www.iupac.org/standing/cce.html> (accessed March 2008).

2. Council of the Royal Society of Chemistry. <http://www.rsc.org/AboutUs/Governance/RSCCouncil/index.asp> (accessed March 2008).

3. Council of the Royal Institution of Great Britain. <http://www.rigb.org/> (accessed March 2008).

4. Bureau of IUPAC. <http://www.iupac.org/organ/bureau.html> (accessed March 2008).

5. Society Committee on Education (SOCED) of the American Chemical Society.

[http://portal.acs.org:80/portal/acs/corg/content?](http://portal.acs.org:80/portal/acs/corg/content?_nfpb=true&_pageLabel=PP_TRANSITIONMAIN&node_id=1531&use_sec=false&sec_url_var=region1)

[\\_nfpb=true&\\_pageLabel=PP\\_TRANSITIONMAIN&node\\_id=1531&use\\_sec=false&sec\\_url\\_var=region1](http://portal.acs.org:80/portal/acs/corg/content?_nfpb=true&_pageLabel=PP_TRANSITIONMAIN&node_id=1531&use_sec=false&sec_url_var=region1) (accessed March 2008).

### Bibliografia

[1] P. Atkins, J. de Paula, *Physical chemistry*, 8th ed. Freeman: New York, 2006.

[2] G. N. Lewis, M. Randall, *Thermodynamics*, 2nd ed., revised by K. S. Pitzer, L. Brewer. McGraw-Hill: New York, 1961.

[3] P. Atkins, T. Overton, J. Rourke, M. Weller, F. Armstrong, *Inorganic chemistry*, 4th ed. Oxford University Press: Oxford, UK, 2006.

[4] P. W. Atkins, R. S. Friedman, *Molecular quantum mechanics*, 4th ed. Oxford University Press: Oxford, UK, 2004.

[5] P. Atkins, *Atkins' molecules*. Cambridge University Press: Cambridge, UK, 2003.

[6] P. W. Atkins, *The periodic kingdom*. Basic Books: New York, 1995.

[7] P. Atkins, *Galileo's finger. The ten great ideas of science*. Oxford University Press: Oxford, UK, 2003.

# Comunicazione chimica: dalle *Molecole* agli sforzi internazionali.

## Una intervista con Peter Atkins

### La scelta della chimica

#### *Liberato Cardellini: Perché hai scelto la chimica?*

**Peter Atkins:** Nel mio liceo, la fisica era troppo esigente dal punto di vista matematico; per un giovane pubescente negli anni '50, la biologia era troppo imbarazzante, anche se la maggior parte delle ovaie che si dovevano studiare erano quelle della rana. Perciò restava la chimica, che era ben situata tra difficoltà e imbarazzo, quindi è lì che mi sono diretto.

Per una serie di motivi personali, ho lasciato la scuola superiore a 15 anni e ho assunto il mio primo lavoro come assistente di laboratorio. Il mio datore di lavoro era la Monsanto e ho mantenuto una profonda gratitudine per i miei datori di lavoro che hanno compreso che avevo un talento che doveva essere incoraggiato e mi hanno convinto che sarei dovuto andare all'università. In effetti, avevo già intuito l'importanza di intraprendere questi studi, poiché a quel tempo la rivista *New Scientist* aveva iniziato la pubblicazione e una delle sue serie regolari di articoli consisteva nelle biografie degli scienziati: era facile capire che l'unica caratteristica comune della loro vita era che avevano frequentato l'università. Quindi, a tempo debito (e per farla breve), sono partito.

A questo punto devo riconoscere il secondo grande debito della mia carriera, all'Università di Leicester, che – in effetti – mi ha strappato dai margini dove, se non l'avessero fatto, sarei rimasto (metaforicamente) come Oscar Wilde, semplicemente a guardare alle stelle.

L'Università di Leicester mi ha incoraggiato a pensare da solo; sono rimasto in questa università per il mio dottorato di ricerca (situazione non rara nel Regno Unito). Ecco la mia terza influenza formativa e quindi un debito intellettuale. Il mio supervisore della tesi è stato Martyn Symons, un uomo con molti amici e un numero corrispondente di nemici. Il campo di ricerca di Symons era la risonanza paramagnetica degli elettroni, e in quel momento il suo interesse principale era nel campo dei sali di osso-anioni danneggiati dalle radiazioni. Ho infilato molti nitrati e fosfati nelle profondità del portacampioni di una sorgente di raggi  $\gamma$ , e ho interpretato i loro spettri di risonanza di spin elettronico fino alle calende greche. Da quel lavoro è emerso il mio primo libro ... ma salto in avanti e tornerò sull'argomento.

Il quarto debito che ho è quello con Adolph Hitler, mediato attraverso i



miei genitori. Adolph fece la guerra nel settembre del 1939; anticipando il futuro, mio padre (che, sebbene non mostrasse un grande interesse per l'istruzione, era tuttavia di un intelletto severo e lungimirante) vide lo tsunami di una guerra di ispirazione nazionalista che si riversava sull'orizzonte orientale e decise di propagare i suoi geni in caso del trionfo dei brutali mirmidoni di Hitler. Così, dopo un numero canonico di mesi sono nato; il che ha significato non solo che non dovevo combattere in nessuna guerra futura, ma ho anche evitato il lungo servizio nazionale per l'ampiezza di uno sperma e ho terminato la parte formale della mia istruzione quando i lavori a me disponibili erano da due soldi, a causa della grande espansione dell'istruzione superiore nel Regno Unito avvenuta all'inizio degli anni '60.

### **Percorsi per la carriera**

#### ***Hai stretti rapporti con gli Stati Uniti: come è potuto accadere?***

Dopo il mio dottorato sono andato, come tutti a quei tempi, negli Stati Uniti. Mi era stata assegnata una Harkness Fellowship. L'intenzione di quelle borse di studio – che erano disponibili in qualsiasi campo di attività, era identificare i futuri formatori di opinioni, portarli negli Stati Uniti e offrire al titolare l'opportunità di conoscere e apprezzare il paese e la sua gente. C'erano circa due dozzine di nomine ogni anno, in settori che includevano balletto, politica, arte, architettura, ingegneria e così via. Alistair Cooke, quel decano dei giornalisti sulla scena americana per ascoltatori britannici, è un perfetto esempio di ciò che la Fondazione ha raggiunto con questo programma, ha iniziato la sua carriera come un collega. Per incoraggiare il processo di conoscenza del paese, ogni individuo doveva viaggiare per tre mesi e, per questo motivo ho avuto la possibilità di conoscere tutto il paese.

A questo punto devo identificare la mia quinta importante influenza. Ho trascorso il mio anno di borsa di studio presso l'UCLA, lavorando con un chimico fisico, il defunto Daniel Kivelson. Dan era un supervisore altamente colto e motivante la cui forza intellettuale consisteva nel formulare idee penetranti ma semplici, con il minimo sforzo. Ritengo di aver preso in prestito da Kivelson il suo modo di pensare e di aver cercato di diffonderlo nel mio insegnamento e nel mio lavoro come autore in cui provo a incoraggiare gli studenti ad ascoltare un'equazione e ad interpretare ciò che dice alla vista.

Il periodo di tempo che ho trascorso all'UCLA ha confermato il mio desiderio di evitare il laboratorio e di dedicare il mio tempo alla ricerca teorica. Tuttavia, le immagini della mia carriera successiva stavano già affiorando alla superficie, poiché mentre intrapresi il mio tour di tre mesi nel paese (visitando nel processo circa 40 stati negli Stati Uniti), ho anche redat-

to il mio primo libro, *The Structure of Inorganic Radicals*, in collaborazione con Martyn Symons che è stato pubblicato nel 1967 [1].

***Quali sono le tue opinioni circa le differenze tra l'educazione chimica nel Regno Unito e negli Stati Uniti?***

Una grande differenza deriva indirettamente dal gran numero di studenti che si incontrano in genere durante le lezioni del primo anno negli Stati Uniti. Di conseguenza, negli Stati Uniti è emersa una classe professionale di insegnanti di chimica. Questa figura è in gran parte sconosciuta nel Regno Unito, dove abbiamo a che fare con un numero molto più piccolo di studenti e intercaliamo l'insegnamento nella nostra ricerca piuttosto che diventare professori universitari dediti all'insegnamento. Di conseguenza, la maggior parte delle innovazioni nell'istruzione chimica, nel bene e nel male, provengono dagli Stati Uniti; lo stesso vale per i libri di testo, con poche eccezioni. Esiste tuttavia un aspetto negativo nel trattare con un gran numero di studenti: è necessario disporre di metodi di esame efficienti - test a scelta multipla, test numerici anziché test che richiedono la riflessione - e si potrebbe argomentare che distorcano l'attitudine verso l'istruzione e la materia.

L'altra differenza tra Stati Uniti e Regno Unito è l'orientamento dei corsi: i corsi statunitensi sono orizzontali, quelli britannici verticali. Ovvero, negli Stati Uniti i corsi sono in genere limitati a un anno: chimica fisica al terzo anno e così via. Nel Regno Unito, tutte e tre le branche della chimica procedono contemporaneamente. Vi sono argomentazioni intellettuali a favore e contro ciascuno di questi orientamenti, ma per un autore l'approccio americano presenta gravi, seppur frivoli, svantaggi. Alla fine dell'anno un libro di chimica è ancora quasi intatto e non superato da una nuova edizione, quindi può essere rivenduto. Invece, nel sistema del Regno Unito, dopo tre anni di utilizzo, un libro di testo è tutto orecchi e sgualcito e sul punto di essere superato da una nuova edizione. Di conseguenza, come libro di seconda mano ha un valore molto più basso ed è meno probabile che venga rivenduto. Perciò gli autori e gli editori nel Regno Unito possono essere ricompensati dalle royalty sulla vendita di un nuovo libro e, come conseguenza, i libri di testo nel Regno Unito possono essere meno costosi rispetto a quelli degli Stati Uniti.

***Come sei arrivato alla tua attuale nomina all'Università di Oxford?***

In quel periodo, così diverso dai nostri giorni, ottenere un lavoro accademico era più simile a come rifiutare una pletora di offerte che all'ansia di scribacchiare che caratterizza questi giorni più magri. La mia ricerca di un lavoro - non c'è mai stata altra idea se non quella di diventare un accademico - si è rivelata l'unica ricerca di lavoro che io abbia mai intrapreso, e

mi ha portato a finire nell'ambiente che conterà come la sesta influenza principale sui miei atteggiamenti.

Ho iniziato la mia carriera all'Università di Oxford nel 1965, quando sono stato assunto come membro del Lincoln College e docente universitario di chimica fisica. La procedura delle assunzioni a Oxford è troppo arcana per me da spiegare qui, ma in generale la nomina all'università è come una posizione in una facoltà qualunque e la nomina simultanea e coincidente al college viene fatta soprattutto per fornire una guida sotto forma di tutorial agli studenti universitari di quel college. Il Lincoln College (fondato nel 1427; la stanza in cui lavoro è stata costruita nel 1436 circa) ha avuto solo tre tutor di chimica fisica da quando ha iniziato ad accettare l'iscrizione di chimici all'inizio del 20° secolo: il mio immediato predecessore era Rex Richards, che fu in gran parte responsabile dell'introduzione della NMR nella chimica nel Regno Unito, e il suo predecessore era Nevil Sidgwick, responsabile di molti libri di chimica (ci deve essere qualcosa nell'acqua – o nel rosato – del college) e la formulazione iniziale della teoria VSEPR.

La chimica ad Oxford è abbastanza grande – con circa 60 membri di facoltà e accettiamo circa 180 studenti di chimica ogni anno – che può tollerare una spolverata di coloro che si muovono in percorsi insoliti. Oxford è anche un ambiente intellettualmente vigoroso; è professionalmente vigoroso nel dipartimento di chimica e socialmente vigoroso nei college in cui uno è immerso in un ambiente che è veramente ampio, ed è improbabile che a cena ci si trovi seduto accanto a un altro chimico – più probabilmente ad uno studente o un professore di storia, un avvocato, un linguista o ad un visitatore di qualsiasi convincimento.

Ma c'è un'influenza formativa più profonda. Un tutorial di Oxford (che come tutto il resto, si sta evolvendo) è composto dal tutor (me) e da uno o due studenti universitari, della durata di un'ora dove si può parlare di qualsiasi cosa accada, ma di solito si parla del lavoro assegnato agli studenti la settimana precedente. Che a volte ci sia anche una bottiglia di sherry alla portata del proprio braccio è ovvio: a Oxford non si applicano le sciocchezze di un campus all'asciutto (anzi, non c'è un campus). I tutorial sono sessioni intime e orientate agli studenti che possono portare ad amicizie durature. Sono ancora in contatto con alcuni dei miei primissimi studenti degli anni '60.

A parte i vantaggi per gli studenti, i tutorial sono formativi anche per un potenziale autore, come lo sono per qualsiasi istruttore, perché il formato del tutorial fa confrontare l'istruttore con l'incomprensione manifesta. Pertanto, se un particolare concetto emerge nel corso della conversazione e l'istruttore offre una spiegazione, allora è facile vedere la mancanza di interesse nell'espressione che smentisce la richiesta dello studente universitario almeno di capire. Quindi, si tenta un altro approccio per spiegare il

concetto. Con un po' di fortuna, o almeno di perseveranza, si vede improvvisamente che la luce si accende negli occhi dello studente, e si comprende che alla fine è stata data una spiegazione sensata. Questo tipo di reattività è estremamente importante per il proprio sviluppo come istruttore e per la versione ancora più universale di istruttore, come autore.

## **Comunicare la chimica**

### ***Come trovi il tempo per scrivere così tanti libri?***

Ci sono una varietà di fattori che lo permettono. La spiegazione più profonda risiede nell'ossessione di comunicare e condividere le intuizioni che solo la scienza fornisce. Questo è uno dei motivi per cui è così difficile da combinare con il condurre il lavoro di ricerca, dato che anch'essa prospera sull'ossessione, con la scrittura di libri, che richiede un impegno totale per il libro in modo che sia prodotto in tempo (o per niente). Suppongo che l'analogia sia vicina all'impossibilità di avere due mogli. Quindi, per produrre molti libri bisogna essere ossessionati da loro.

Un altro fattore è la necessità di lavorare sodo. È inutile riposarsi e sperare che il libro si scriva da solo. Questo significa iniziare ogni giorno di buon mattino (un'abitudine che ho preso nel periodo trascorso all'UCLA dove le lezioni sembravano iniziare prima dell'alba). Di solito sono alla mia scrivania alle 6:00 e il fine settimana di solito inizia alle 18:00 circa della domenica sera. Mi piace fingere di non avere altri interessi; cosa non proprio vera, e desidero fare la maggior parte delle cose che le persone civili fanno. Ma non posso sopportare lo sport, che sembra una insensata e sopravvalutata perdita di tempo.

Poi c'è anche bisogno di coautori: i coautori sono arrivati piuttosto tardi nella mia carriera di scrittore (tranne il mio primo libro), colleghi nei quali si può avere completa fiducia e dai quali ci si può aspettare che siano impegnati – ossessionati – come se stessi. Sono stato molto fortunato con quasi tutti i miei, e i libri traggono enorme vantaggio dalle frequenti discussioni faccia a faccia, che possono cambiare l'intera impostazione dell'esposizione mentre si fa il brainstorming circa la risoluzione di un punto complicato come comprensione o presentazione.

### ***A cosa attribuisce il successo dei tuoi libri?***

Il fatto che i libri abbiano avuto molto successo è dovuto, credo, a un ingrediente segreto, che sono riluttante a condividere, per ovvii motivi. Ma lo farò, poiché l'incoraggiamento verso la chimica è così importante per il futuro dell'umanità e comunque questo ingrediente è estremamente ovvio.

Gli aspiranti autori dovrebbero ascoltare i loro critici, in particolare, do-

vrebbero ignorare i complimenti e (ancora di più) il colare corruttivo dell'adulazione e ascoltare ogni parola di critica avversa, prenderla a cuore e poi agire su di essa. Perché si dovrebbe fare così è abbastanza evidente, ma degno di nota. Un critico in genere ha un singolo pungiglione nel suo cofanetto, un solo ciottolo nella sua scarpa. Di solito, i critici sono infastiditi da un'unica omissione irritante o idea equivoca. Di conseguenza, hanno pensato molto a lungo su quel punto e vale davvero la pena di ascoltarli. In fin dei conti, si potrebbe benissimo pensare che si sbagliano; eppure se ci pensi più a fondo, potrai comprendere e anticipare le possibili obiezioni ed essere in una posizione di maggiore comprensione della questione. Anche le idee sbagliate che un revisore potrebbe avanzare sono un segnale che è necessario rivedere almeno quel punto.

Mi piace pensare che ci siano alcuni principi che guidano il modo come io scrivo. In primo luogo, il mio desiderio è di indirizzare verso una sequenza completa e logica in modo strettamente organizzato. Non mi piacciono i salti. Certo, l'entità di un salto è negli occhi di colui che guarda, e riconosco che ciò che considero un gap minuscolo potrebbe sembrare a qualcun altro come un abisso incolmabile.

In secondo luogo, ritengo molto importante sia motivare ogni passaggio con una derivazione matematica che interpretare il risultato. Guidare bendati attraverso l'algebra è inutile per tutti tranne che per alcuni chimici.

Terzo, mi piace dimostrare la ricchezza della semplicità. Mi sembra che il compito di noi scienziati sia quello di intagliare la semplicità dalla complessità. Il nostro compito è dimostrare come alcune idee semplici completamente sviluppate possono spiegare grandi parti dell'universo. Ovviamente, scoprendo quella semplicità – raffinare la semplicità dalla straordinaria complessità di un banco di laboratorio, per non parlare del mondo all'esterno, comporta uno sforzo enorme. Allo stesso modo, tracciare la scia di semplicità concatenate che sbocciano da questo straordinario, meraviglioso, fantastico, magnifico mondo è estremamente difficile (pensa alla varietà degli argomenti, dal quark alla coscienza), è anche imponente, ma presumiamo di difficoltà non insuperabile. In ogni caso, alle difficoltà della scoperta e alle difficoltà di rintracciare le sue conseguenze non dovrebbe essere permesso di oscurare la semplicità che sta in fondo al cuore dell'essere. A mio avviso, dovremmo trasmettere questa visione ai nostri studenti e nei nostri scritti, che le idee semplici possono essere come le ghiande che elaborate producono le querce.

In quarto luogo, mi piace incorporare molti elementi visivi. Ci sono diverse ragioni per fare questo. Uno è che oltre alla forma scritta per un pubblico internazionale la cui prima lingua potrebbe non essere l'inglese, è utile fornire molti indizi visivi alla discussione e percorsi alternativi di comprensione. In secondo luogo, un comune tratto dei chimici, credo, sia la

comprensione visiva, ed è importante fornire supporto a questo talento. Preferisco creare tutte le mie illustrazioni da solo in modo che non ci sia un artista tra l'occhio dello scienziato e il mio lettore. In pratica, è una forma di compensazione il passare dall'abile utilizzazione delle parole in un capitolo alla preparazione di una versione preliminare delle illustrazioni. Una volta venivano usati penna, inchiostro e stampino, e io ero solito consolidare la mia mano con un po' di jazz delicato e inarrestabile in sottofondo. Adesso, ovviamente, tutto è elettronico, ma mi piace ancora attingere ad una atmosfera musicale rilassante.

***Molti studenti hanno difficoltà a risolvere i problemi chimici: in che modo i tuoi libri possono essere di aiuto?***

La risoluzione dei problemi è una delle abilità davvero difficili da insegnare poiché il processo è induttivo; almeno l'identificazione della strategia è induttiva. Una volta che sei partito, è semplice, ma l'avvio è comunemente il problema. Innanzitutto, ai lettori è necessario offrire un'esposizione logica dell'argomento, in modo che possano vedere e apprezzare la sua struttura logica e la sua coerenza. Poi, devono essere esposti a una serie di esempi elaborati in modo che possano vedere come implementare ciò che hanno letto. Mi piace impostare la strategia esplicitamente: le persone sono libere di sviluppare le proprie strategie, ma penso che sia importante per loro vedere come gli altri organizzano i loro pensieri come approccio iniziale ad un problema. Al momento sto esplorando come le visualizzazioni dei passaggi matematici possono aiutare i lettori a sviluppare la propria comprensione e le proprie abilità nella risoluzione dei problemi. Le visualizzazioni incoraggiano le persone anche a pensare ad ogni passaggio, e questo incorpora l'approccio più profondamente nella loro consapevolezza. Sottolineo sempre l'uso corretto delle unità di misura e il loro impiego in ogni fase del calcolo – è inutile indovinarle e tirarle fuori dal nulla alla fine. Trattare le unità di misura come parte intrinseca di una quantità in un calcolo e a manipolarle come quantità algebriche aiuta a incoraggiare il pensiero logico e funge da segnalatore di errori.

***Qual è la tua opinione sul ruolo dei multimedia nell'insegnamento della chimica?***

Il primo punto che vorrei sottolineare a questo proposito è un appello per avere la tua simpatia. Ai vecchi tempi (un paio di decenni fa), un autore avendo finalizzato il suo manoscritto (sto usando quel pronome, siccome ho in mente me stesso), preparato il tutto per il suo editore, visto e controllato le bozze, era in grado di lavarsi le mani dell'intero progetto e poteva tornare al suo lavoro. Ora è completamente diverso. Perché la maggior parte dei testi principali ora ha il supporto multimediale, sia su CD o sul Web, il lavoro di

un autore ora è diventato infinito. La rete offre l'opportunità di un ripensamento incessante: l'adottatore A vuole la sezione sulla poliglossopia; l'adottatore B vuole esercitarsi sul rantolo, e così via. In effetti, l'Autore C potrebbe pensare in ritardo che avrebbe dovuto fornire una prova di un teorema (che forse non aveva capito al momento, ma la sua coscienza ha avuto la meglio su di lui). Ora un libro non è mai veramente finito, dato che il Web offre opportunità per una elaborazione infinita.

Più seriamente, tuttavia, è opportuno considerare il ruolo pedagogico del multimedia. Naturalmente, si può separare completamente la domanda dal ruolo dei libri stampati, ma perché sto scrivendo in quel contesto che propenderò per l'atteggiamento forse vecchio stile, secondo cui il multimedia è un complemento di un libro e non ha una vita propria.

Con questo in mente (e accetto che sia restrittivo e vecchio stile), la prima osservazione che vorrei fare è che a me piace immaginare il multimedia come perfettamente integrato con il testo: idealmente, non si dovrebbe sapere se si sta guardando la pagina stampata o lo schermo multimediale. Un'approssimazione all'omogeneizzazione dell'esperienza è garantire che tutte le illustrazioni nel testo abbiano lo stesso stile di quelle sullo schermo, che i grafici sembrino uguali e così via.

Ci sono problemi con i contenuti multimediali attuali. Mi limiterò a identificarne un paio. Uno è che i nostri studenti sono cresciuti (a volte sembra con esclusione di tutte le altre attività culturali) con i giochi del computer, con le loro straordinarie immagini vibranti e sofisticate. La maggior parte dei software accademici sembrano profondamente amatoriali. Ciò, ovviamente, è in gran parte dovuto al costo (non oserei suggerire nemmeno molto alla leggera che abbia nulla a che fare con l'immaginazione), e sono sicuro che i nostri studenti inconsciamente almeno siano meno che affascinati da ciò che noi offriamo. Dobbiamo andare verso il dinamismo e il realismo dei giochi per computer. Secondo: molto più importante, dal mio punto vista – è la nostra incapacità attuale di esaminare il materiale che noi stiamo trovando possibile insegnare usando il multimedia. Ci serve una rivoluzione nel nostro atteggiamento e nella capacità di esaminare i contenuti da insegnare.

***Potresti illustrare queste idee usando uno dei tuoi argomenti preferiti, la seconda legge della termodinamica?***

Incomincio le mie lezioni a Oxford con i miei studenti del primo anno che sentono parlare per la prima volta della termodinamica e hanno combattuto con gli aridi sprechi della prima legge, dicendo che a mio avviso, nessun'altra legge scientifica ha contribuito alla liberazione dello spirito umano più della seconda legge della termodinamica. Certo, loro ridacchiano in modo condiscendente, ma provo a spiegare come la seconda legge illumi-

ni la potenza trasformatrice di ogni cambiamento; il motore dell'universo.

La seconda legge è, o almeno si riteneva, l'epitome di molte cose. In primo luogo, è stata utilizzata da C. P. Snow come cartina di tornasole per valutare l'alfabetizzazione scientifica: hai superato il test se sei capace di citarla. (Per inciso, sono tutt'altro che sicuro che Snow l'abbia capita davvero!) Penso che sia ancora un criterio eccellente, e pochi tra i miei colleghi delle materie artistiche supererebbero la prova. In secondo luogo, la seconda legge è stata tradizionalmente considerata come uno scheletro matematico con poca carne sulle sue ossa secche per illuminarne la comprensione.

Ho cercato di contribuire ad entrambi gli aspetti della legge in uno dei libri che ho scritto per la Scientific American Library, con un titolo abbastanza appropriato, *The Second Law* (2). Ho cercato di dimostrare come la seconda legge potrebbe essere spiegata in modo pittorico e illuminare tutti i meccanismi del mondo. Perseguendo la logica di questo atteggiamento ha portato a una visione cruda del funzionamento del mondo (2, p. 200):

We are the children of chaos, and the deep structure of change is decay. At root, there is only corruption, and the unstemmable tide of chaos. Gone is purpose; all that is left is direction. This is the bleakness we have to accept as we peer deeply and dispassionately into the heart of the universe.<sup>1</sup>

Questo punto di vista non mi ha reso popolare verso alcuni, né lo ha fatto una elaborazione di questo punto di vista in un libro successivo, *Creation Revisited* (3).

A parte qualche critica (e mi è piaciuto difenderla in altri contesti), penso che la seconda legge sia una buona prova della propria capacità di insegnare o, qualcosa di simile, per rivelare intuizioni scientifiche al grande pubblico. Per gli studenti seri di chimica (cioè coloro che devono sostenere gli esami), è essenziale conoscere la parte matematica, e in particolare le ricche conseguenze della scrittura  $dS = dq_{\text{rev}}/T$ . Ma attraverso le derivazioni delle conseguenze, che culminano in  $\Delta_r G^\circ = -RT \ln K$  e  $\Delta G = w_e$ , intuizioni profonde possono essere raggiunte circa le proprietà termodinamiche dei sistemi che interessano i chimici (che oggi, ovviamente, comprendono anche gli organismi).

La seconda legge – almeno il suo concetto qualitativo essenziale – può anche fornire un bellissimo veicolo per la comunicazione al pubblico in generale delle meravigliose intuizioni che la scienza produce, perché può essere presentata in modo pittorico. Sicuramente è giusto per il grande pubblico conoscere le ragioni che spiegano i motivi perché qualcosa succede.

## Sforzi globali

### *Cosa ci puoi dire del tuo coinvolgimento con la IUPAC?*

Oltre a scrivere libri e fare i comuni doveri di un docente universitario,



sono stato profondamente coinvolto nelle attività della IUPAC – principalmente come presidente (2002-2005) del suo Committee on Chemistry Education (CCE) – ma anche come un membro d'ufficio di una varietà dei suoi comitati, in particolare il suo ufficio di presidenza. Il compito del CCE è di aiutare a propagare le buone pratiche riguardanti l'istruzione chimica in tutto il mondo, con particolare riferimento ai paesi in via di sviluppo e al pubblico apprezzamento della chimica. Ho visto questa attività come un modo per estendere la portata dei miei interessi, perché scrivo libri per aiutare gli studenti ed è naturale volere utilizzare le risorse internazionali e la penetrazione della IUPAC per raggiungere una più ampia gamma di persone: ampliare, in un certo senso, il mio spettro di assistenza attraverso l'istruzione.

Come risultato di questa attività ho ricevuto una visione ineguagliabile sul come avviene la formazione chimica in tutto il mondo, dai paesi in transizione a quelli che si considerano almeno temporaneamente sviluppati. Il mio comitato ha cercato di identificare i problemi comuni in varie regioni del mondo, per cercare soluzioni adeguate a queste regioni e quindi valutare se soluzioni simili potrebbero essere applicate ad altri paesi. Siamo stati particolarmente attenti a non duplicare le attività delle società nazionali, ma abbiamo mirato a portare la prospettiva internazionale della IUPAC; ora la presidenza è stata rilevata da Peter Mahaffy (del King's University College, Edmonton, Canada), ed è affascinante vedere come abbia incoraggiato i miei germogli a prosperare e come abbia piantato alcuni straordinari semi propri.

La mia percezione dello stato dell'educazione chimica nel mondo, e ancora più la mia percezione dello stato del pubblico apprezzamento della chimica, non è particolarmente rosea. Ci sono pochi paesi in cui la chimica è vivace e alcuni in cui vi è un chiaro senso di emergere da una depressione; ma il tema sottostante a questi atteggiamenti è uno stato di ansia al confine con la disperazione. Tutti ne conosciamo i motivi: questi includono la preoccupazione degli effetti negativi della chimica sull'ambiente (e l'ignoranza dei benefici che la chimica apporta), le conseguenze corrosive di questa percezione conducono i giovani a pensare che intraprendere questa professione diminuirà la loro umanità (e non vedere come la chimica offra un enorme contributo alla qualità della vita) e condurrà alla diminuzione delle opportunità per trovare un lavoro (non rendendosi conto che una formazione in chimica ha qualità che ben si adattano all'occupazione in una grande varietà di campi). Ci sono problemi accademici più specifici, come la scarsità di insegnanti competenti alle scuole superiori per insegnare la nostra ingegnosa materia, la natura obsoleta di molti curricula e la mancanza quasi universale (almeno sulla Terra) di competenze in matematica.

Il comitato continua a sollevare questi problemi in molti modi differenti. C'è un'ulteriore dimensione, ovviamente. Ritengo che l'unica possibilità di salvare il mondo passi attraverso il propagarsi della formazione scolastica.

Mi piace pensare che le mie attività – i libri, gli incontri conseguenti, le attività all'interno della IUPAC – siano piccole gocce aggiunte al secchio che perde della pace e della sopravvivenza.

## **Riflessioni sull'insegnamento e la pratica della chimica**

### ***Come possiamo noi insegnanti ispirare l'intuizione?***

Condividendo le nostre intuizioni. Gli insegnanti dovrebbero scavare sotto la materia che viene presentata e aggiungere le proprie intuizioni, sia che si tratti delle proprietà di una sostanza, che del meccanismo di una reazione, o di un principio fondamentale. I bravi insegnanti si sforzano sempre per aggiungere più di quanto un libro possa dire, e dovrebbero dimostrare ai loro studenti che hanno un modo speciale di comprendere, un modo speciale di interpretare, un modo speciale di vedere come un concetto si inserisca nella rete di idee che costituisce la scienza. Essi dovrebbe interpretare la struttura e il contenuto di ogni espressione matematica in modo che i loro studenti possano vedere che la matematica è un linguaggio che, una volta compreso, approfondisce la comprensione, proprio come una lingua straniera può illuminare le attitudini culturali di un altro gruppo di persone.

### ***Ne vale la pena?***

Suppongo che molti di noi si chiedano se abbiamo speso le nostre carriere non solo utilmente ma piacevolmente. Non voglio sminuire gli sforzi straordinari che gli insegnanti mettono nella loro attività professionale, che sono assolutamente ammirevoli; ma ora stiamo parlando di un altro livello di attività al di sopra dei normali compiti di insegnamento. A volte mi chiedo se un paio di ore in più a letto sarebbe stato un modo di spendere meglio il tempo. Tuttavia, nei miei momenti più ottimistici rifletto sul fatto che ho la soddisfazione di raggiungere il mondo – abbracciando il globo – toccando le giovani menti ovunque. (Alle volte, mi viene da pensare che sia questo il motivo per cui la chimica è in declino! Ma non oso perseguire questo pensiero: forse tutti noi autori siamo congiuntamente responsabili.)

La forza trainante che mi spinge in avanti è la convinzione che la chimica apre i nostri occhi a un godimento più profondo del mondo, proprio come capire la struttura di un'immagine o di un pezzo di musica approfondisce il nostro piacere. Come tutti gli insegnanti, sono praticamente inserito nel compito di aprire gli occhi a un livello più profondo della realtà. Forse dovrei concludere citando la frase di apertura di uno dei miei libri, *Molecules* [4], dove cercavo di condividere l'intuizione di un chimico nel mondo quotidiano: “La gioia può essere inarticolata; ma la riflessione è vuota senza la comprensione.”

### **Note**

1. Noi siamo i figli del caos e la struttura profonda di una trasformazione è costituita dal decadimento. Alle radici vi è solamente il degrado e l'inarrestabile ondata del caos: non vi è più un fine; tutto ciò che rimane è la direzione. Questa è la desolazione che dobbiamo accettare se guardiamo attentamente e con imparzialità nel cuore dell'Universo. (5, p. 212)

### **Bibliografia**

- [1] P. W. Atkins, M. C. R. Symons, *The structure of inorganic radicals*. Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 1967.
- [2] P. W. Atkins, *The second law*. Scientific American Books: New York, 1994.
- [3] P. W. Atkins, *Creation revisited*. W. H. Freeman and Co.: Oxford, UK, 1992.
- [4] P. Atkins, *Atkins' molecules*. Cambridge University Press: Cambridge, UK, 2003.
- [5] P. W. Atkins, *Il secondo principio*. Nicola Zanichelli Editore: Bologna, 1988.

***Traduzione autorizzata dal Journal of Chemical Education, Vol. 85, No. 6, 2008, pp. 791-795. Copyright 2008 American Chemical Society.***

# Densità dell'ozono e dello zolfo allo stato di vapore nel Sunto di Cannizzaro

Giuliano Moretti

Dipartimento di Chimica Sapienza Università di Roma  
Piazzale A. Moro 5, 00185 Roma

## **Riassunto**

*Nella prima tabella riportata nel Sunto di Cannizzaro (Nuovo Cimento 7, 321-366 (1858), p.325) i valori delle densità di vapore relativi all'idrogeno (la mezza molecola d'idrogeno) per l'ossigeno elettrizzato (ozono) e lo zolfo, sotto e sopra 1000°C, sono rispettivamente 128, 192 e 64. Le rispettive formule molecolari sarebbero quindi  $O_8$  per l'ozono,  $S_6$  per lo zolfo sotto 1000°C e  $S_2$  per lo zolfo sopra 1000°C. Riportiamo a scopo didattico-storico i nostri calcoli su queste semplici specie molecolari, effettuati a scopo ricreativo durante la chiusura a cui ci ha costretto la supramolecola SARS-CoV-2.*

## **Abstract**

*In the first table reported in the Cannizzaro's Sunto (Nuovo Cimento 7, 321-366 (1858), p.325) the relative vapor density with respect to hydrogen (half the hydrogen molecule) for electrified oxygen (ozone) and sulphur, below and above 1000°C, are 128, 192 e 64, respectively. The molecular formulas would be  $O_8$  for ozone, and  $S_6$  and  $S_2$  for sulphur below and above 1000°C, respectively.*

*In this note we report our calculations on these simple molecular species, done with historical and didactical purposes, and recreational scope during the closure imposed to all of us by the supramolecule SARS-CoV-2.*

## **Ozono**

Come ci ricorda Mordecai B. Rubin l'ozono è stato scoperto da Christian F. Schönbein nel 1839 [1]. Schönbein constatò che l'elettrolisi dell'acqua produceva all'elettrodo positivo, oltre a ossigeno anche un odore caratteristico, lo stesso avvertito dopo una scarica di un arco elettrico in aria, o di un fulmine durante un temporale. Egli caratterizzò molte proprietà peculiari di questo "ossigeno elettrolitico", così peculiare per la presenza di piccole quantità di una nuova specie chimica che denominò "ozono", senza però mai riuscire ad isolarla e determinarne l'esatta composizione nonostante avesse dedicato a questa impresa l'intera sua vita scientifica [1]. Nel Sunto di Cannizzaro l'ozono viene chiamato nelle due tabelle riportate a p. 325 e p. 327 "ossigeno elettrizzato", ma poi in due altre tabelle successive riportate a p. 330 e p. 334 semplicemente "ozono". Secondo Luigi Cerruti [2],

Cannizzaro riporta per la densità dell'ozono rispetto alla densità della mezza molecola d'idrogeno il valore di 128, in accordo con i risultati di Andrew e Tait del 1857 [3]. Nel suo commento alla tabella del Sunto riportata a p.325 Cerruti annota soltanto che l'ossigeno elettrizzato "E' l'ozono. La determinazione della densità (ancora errata per le grandi difficoltà sperimentali) fu fatta nel 1857 da Andrew e Tait (Sulla densità dell'ozono, Nuovo Cimento 6, 424-425 (1857))" [2].

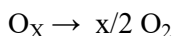
Cannizzaro include nella tabella il dato relativo all'ozono senza alcun commento, aggiungendo però un commento sui dati riguardanti lo zolfo, come discuteremo in questa stessa nota (vide infra).

Osserviamo che Andrew in un precedente lavoro del 1855 [3] aveva dimostrato che l'ozono non poteva contenere idrogeno, infatti la sua decomposizione termica a ossigeno non produceva acqua. Diversi volumi di ossigeno elettrolizzato, portati a una temperatura maggiore di 230°C davano luogo ad un incremento del volume del gas. Tale incremento, molto modesto e quindi difficile da misurare, era stato collegato alla decomposizione termica dell'ozono. La miscela ossigeno-ozono ("ossigeno elettrolitico") in contatto con una soluzione acquosa contenente KI e HCl ossidava lo ioduro a iodio elementare insieme a KCl e acqua, e lasciava in fase gassosa solo l'ossigeno che poteva lasciare la cella di reazione. L'aumento di peso della cella, che nella parte finale conteneva H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> per evitare perdite di acqua, corrispondeva con buona approssimazione alla quantità di ossigeno attivo ottenuto dal peso dello iodio elementare mediante un calcolo stechiometrico basato ovviamente sui pesi di combinazione (pesi equivalenti). I dati di Andrew sono riportati nella seguente tabella:

Volume di ossigeno elettrolitico/ L(1atm, 0°C)	Aumento di peso della cella corrispondente alla decomposizione dell'ozono/mg	Ossigeno attivo corrispondente allo iodio prodotto/mg
10.20	37.9	38.6
2.72	10.7	10.0
2.86	15.4	13.8
6.45	28.8	28.1
6.80	25.1	27.3

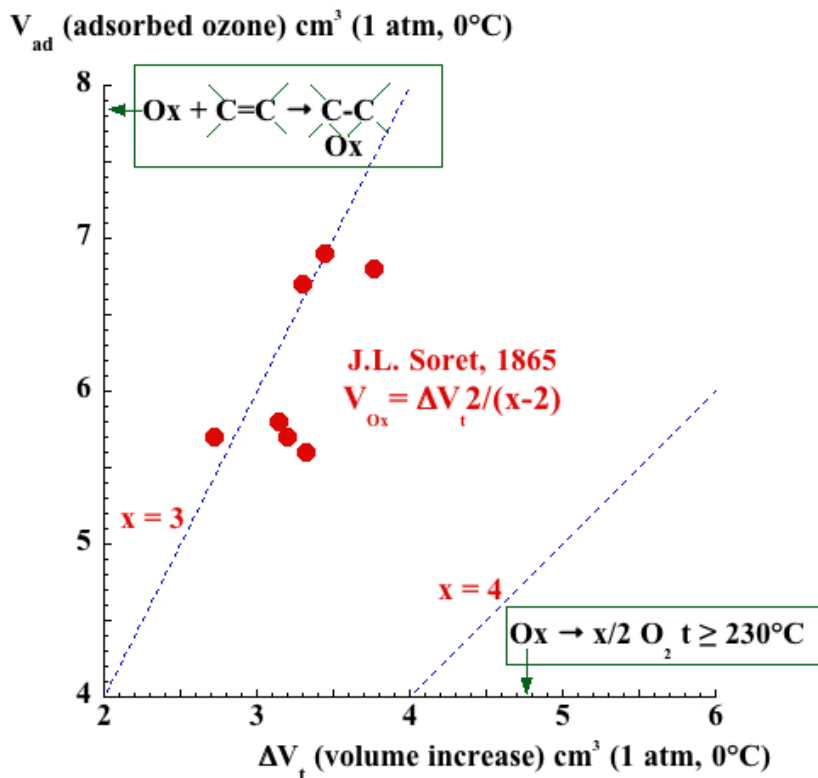
Assumendo che il volume dell'ozono sia trascurabile rispetto al volume di ossigeno (una buona approssimazione considerando il valore della densità dell'ossigeno (1 atm, 0°C)  $\cong 1.429 \text{ gL}^{-1}$ ) Andrew ottiene una stima del rapporto in peso ozono/ossigeno  $\approx 1/350$ .

Nel lavoro del 1857 Andrew e Tait si propongono di misurare il volume di ozono presente nel volume totale di "ossigeno elettrolitico" confrontando uguali volumi di ossigeno elettrolitico prima e dopo il trattamento termico a  $t \geq 230^\circ\text{C}$ . Allo scopo utilizzano palloni di volume compreso tra 200 e 600  $\text{cm}^3$ , muniti di manometro ad U con diametro calibrato riempito con acido solforico. L'impresa è molto difficile per le correzioni che si devono apportare ai volumi misurati a causa delle variazioni di pressione atmosferica per le variabili condizioni meteorologiche nella stessa giornata. Tali correzioni infatti sono dello stesso ordine di grandezza di quelle previste per la variazione di volume del gas indotte dal trattamento termico per la reazione



Andrew e Tait non riescono a fare misure definitive, ma riportano la seguente frase che certamente, come afferma Cerruti, è la fonte del dato riportato da Cannizzaro:

"The experimental data have not yet been completely reduced, and some slight corrections have yet to be investigated; but the general result of the inquiry, which has been a very protracted one, gives – on the assumption that ozone is oxygen in an allotropic condition – for its density as compared with that of oxygen, nearly the ratio of 4 to 1." (La densità dell'ossigeno rispetto all'idrogeno vale 16, e rispetto alla mezza molecole d'idrogeno 32.) Come ci informa Rubin [1] la formula corretta per l'ozono fu ricavata da Soret nel 1865 [4], diversi anni dopo la pubblicazione del Sunto. Soret riesce a misurare sia l'aumento di volume dell'"ossigeno elettrolitico" dovuto alla decomposizione dell'ozono per trattamento termico a  $t \geq 230^\circ\text{C}$ , sia la diminuzione di volume per la reazione irreversibile dell'ozono con derivati terpenici insaturi (assorbimento dell'"ossigeno elettrolitico" su olii di cannella e trementina). I risultati delle misure di Soret, riportati in tabella nel lavoro originale vengono illustrati graficamente nella Figura 1. Come si vede dal 1865 risulta certa la formula dell'ozono: essa è  $\text{O}_3$ , e non  $\text{O}_4$  oppure  $\text{O}_8$  come suggerivano i dati iniziali di Andrew e Tait!



**Figura 1.** Grafico ottenuto con i dati di Soret [5] ottenuti sottoponendo stesse quantità iniziali di “ossigeno elettrolitico” a due diversi trattamenti: 1) temperatura  $\geq 230^\circ\text{C}$  per decomporre l’ozono; 2) reazione irreversibile dell’ozono con olii di cannella o di trementina. I dati sono interpretati assumendo per l’ossigeno la formula  $\text{O}_2$ . Siamo negli anni '60 dell’ottocento, dopo la pubblicazione del Sunto di Cannizzaro, e la pendenza della curva – uguale a  $y/(x-y)$  se si assume  $\text{O}_y$  e  $\text{O}_x$  per le formule per ossigeno e ozono – si può scrivere come  $2/(x-2)$ , da cui si ricava, come suggeriscono i dati sperimentali,  $x=3$ .

### Zolfo allo stato di vapore

A differenza con il dato riportato per l’ozono, i dati relativi alla densità dello zolfo, sotto e sopra  $1000^\circ\text{C}$ , rispettivamente 192 e 64 relativamente alla mezza molecola d’idrogeno, inducono un commento di Cannizzaro [1]. Nella prima tabella a p. 325 per la densità sopra i  $1000^\circ\text{C}$  si ricorda al lettore: “Questa determinazione è stata fatta da Bineau, ma credo richieda una conferma”. Nella seconda tabella a p.327, nella prima colonna si riporta

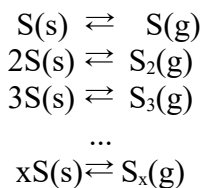
“Solfo sopra 1000° (?)”, sottolineando in modo esplicito la non affidabilità del dato.

Cerruti ci ricorda che il rapporto di Cannizzaro con i lavori di Bineau fu complesso [1, p. 62] e che la fonte dei dati di densità per lo zolfo di Cannizzaro fu un passo del testo didattico di Malaguti (“Leçons élémentaire de chimie”, Vol.1, Dezobry et E. Magdeleine, Paris 1853) a cui lo stesso Cannizzaro aveva scritto la prefazione e alcune aggiunte al primo capitolo [6].

La densità di vapore relativa all'aria misurata a 500°C (pari 6.654) era stata riportata da J.B. Dumas nel 1826, mentre il dato relativo a 1000°C (pari a 2.218, esattamente 1/3 di 6.654) era stato misurato da A. Bineau nel 1848. Cerruti ci ricorda che la conferma richiesta da Cannizzaro arrivò nel 1859 da parte di H. Sainte-Claire Deville e L. Troost, che in una loro successiva pubblicazione del 1860 [1, p.62], sollecitata probabilmente dal Bineau che voleva riconosciuta l'affidabilità del suo dato ottenuto del 1848, osservarono che “A una temperatura di 1000° la densità di vapore di solfo si riduce a circa un terzo di quanto è verso 450 o 500°. Essa corrisponde allora al peso atomico adottato di solito per questo corpo semplice”.

L'esercizio che ho svolto in questo caso si basa sulle tabelle termodinamiche in formato JANAF tratte dal data-base IVTANTHERMO del 2005 [7].

E' possibile ricostruire la serie di equilibri eterogenei tra zolfo solido e le singole specie gassose, che sono simultaneamente stabiliti tra solido e vapore saturo:

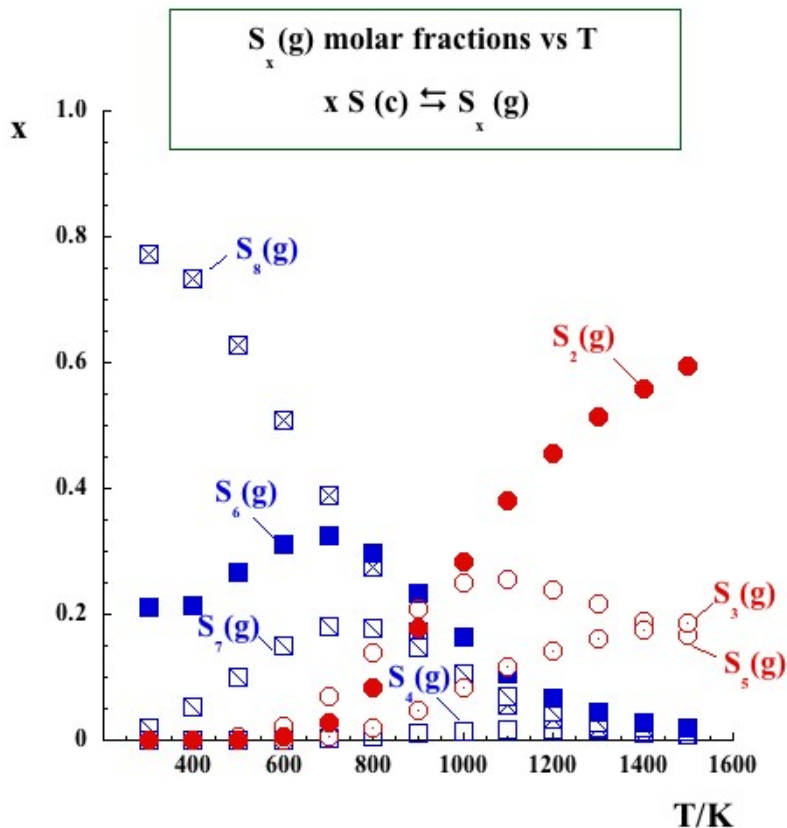


Visto che l'attività del solido è praticamente unitaria, le costanti di equilibrio di queste reazioni coincidono direttamente con le pressioni parziali delle varie specie, che sono quindi calcolabili dalla variazione di energia libera standard di ogni singolo processo, ad ogni temperatura, come  $\exp(-\Delta G^0/RT)$ .

Le pressioni parziali dei vari oligomeri e quindi le frazioni molari ci dicono subito quali specie prevalgono in funzione della temperatura. Il risultato di questi calcoli sono riportati in Figura 2.

Dalla Figura 2 appare che le specie importanti, in ordine di frazione molare decrescente, sono S<sub>8</sub>, S<sub>6</sub> e S<sub>7</sub> a 500°C e S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> e S<sub>5</sub> a 1000°C.

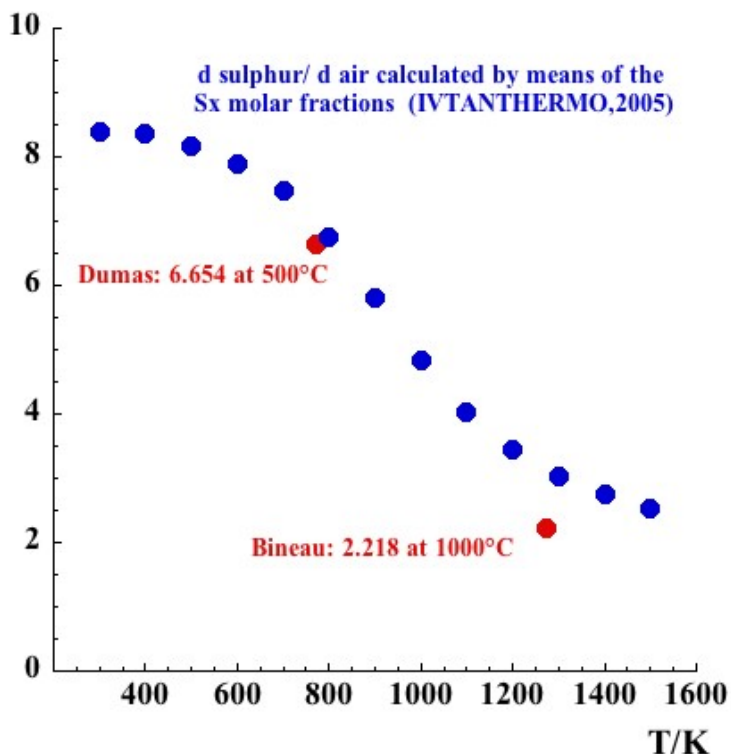




**Figura 2.** Frazione molare delle specie  $S_x(g)$  in funzione della temperatura. Dai dati termodinamici di variazione di energia libera standard in funzione della temperatura per i diversi equilibri  $xS(s) \rightleftharpoons S_x(g)$  sono state calcolate le pressioni parziali delle specie e quindi le frazioni molari.

Dal valore di densità dell'aria riportato a 1 atm e 273 K abbiamo calcolato il suo peso molecolare medio numerico. Con i dati della Figura 2 possiamo calcolare i pesi molecolari medio numerici della miscela gassosa contenenti le diverse specie  $S_x(g)$ , e quindi per ogni temperatura abbiamo calcolato il rapporto tra questi pesi molecolari medio numerici che, assumendo un comportamento ideale, rappresenta la densità di vapore relativa dello zolfo rispetto all'aria. Il risultato di tali calcoli è riportato in Figura 3 insieme ai valori misurati da Dumas e Bineau.

**d sulphur /d air**



**Figura 3.** Densità di vapore relativa dello zolfo rispetto all'aria calcolata come riportato nel testo insieme ai valori misurati da Dumas e Bineau.

Come si vede dalla Figura 3 le misure di densità di vapore ottenute con il metodo di Dumas sono abbastanza in accordo con i valori calcolati, considerando anche le difficoltà del metodo sperimentale, specialmente alle più alte temperature. Cannizzaro riporta i dati di Dumas e Bieneau a densità relative rispetto all'idrogeno e alla mezza molecola d'idrogeno (dati riportati nel Sunto in parentesi):

zolfo sotto 1000°:  
 densità rispetto all'idrogeno.....6.654 x (1.2928/0.08988) = 95.7 (96)  
 densità rispetto alla mezza molecola  
 d'idrogeno.....95.7 x 2 = 191.4 (192)

zolfo sopra 1000°:  
 densità rispetto all'idrogeno.....2.218 x (1.2928/0.08988) = 31.9 (32)  
 densità rispetto alla mezza molecola  
 d'idrogeno.....31.9 x 2= 63.8 (64)

L'interpretazione dei dati risulta molto approssimata: assumere nel vapore di zolfo la presenza di solo due specie, sotto  $1000^\circ$   $S_6(g)$ , sopra  $1000^\circ$   $S_2(g)$  non rappresenta la realtà. Possiamo però concludere che le perplessità di Cannizzaro verso il dato di Bineau non erano fondate.

### **Conclusioni**

Spero che lo svolgimento di questi esercizi sulla chimica delle semplici molecole  $O_3$ ,  $S_6$  e  $S_2$ , stimolati dalla rilettura del Sunto di Cannizzaro, siano di interesse sia per i miei colleghi sia per i nostri studenti del corso di laurea in Chimica e Chimica industriale.

In questi giorni di forzata chiusura per contrastare la diffusione pandemica della supramolecola SARS-CoV-2 potrò dedicare tempo ad altre *riletture*, ed oggi ho scelto: Robert Luis Stevenson, "L'isola del tesoro"; Raymond Carver, "Da dove sto chiamando. Racconti"; Primo Levi "Il sistema periodico", di cui però non so se avrò la forza di rileggere il racconto "Vanadio"...

### **Ringraziamenti**

Per la corretta impostazione dei calcoli termodinamici riportati in Figura 2 ringrazio molto il mio collega Andrea Ciccio.

### **Bibliografia**

- [1] M.B. Rubin, "The history of ozone. The Schönbein period, 1839-1868", *Bulletin for the History Chemistry* **26**, 40-56 (2001); e nella stessa rivista "The history of ozone. II. 1869-1899", **27**, 81-106 (2002).
- [2] L. Cerruti, "Stanislao Cannizzaro, Sunto di un corso di filosofia chimica" Sellerio editore Palermo 1991. Commento e nota storica di Luigi Cerruti, Introduzione di Leonello Paoloni.
- [3] Th. Andrew e P.G. Tait, "Note on the density of ozone", *Proceedings of the Royal Society of London* **8**, 498-500 (1857). In questo lavoro si fa riferimento alle misure di Andrew del 1855 riportate nella stessa rivista (**7**, 475-477 (1855)).
- [5] J.L. Soret, "Recherches sur la densité de l'ozone", *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences, Série C, Sciences chimiques* **61**, 941 (1865).
- [6] G. Moretti, "Il lavoro di Cannizzaro ad Alessandria (1851-1853): la chimica prima della legge degli atomi", *CnS La Chimica nella Scuola* **4**, 21-31 (2017).
- [7] D. Gozzi, *Termodinamica chimica*, (IV Edizione), Edizioni Nuova Cultura 2017.

## **Vuoti urbani al tempo del COVID: quando i materiali sono davvero importanti!**

**Riccardo Carlini<sup>a,\*</sup>, Giovanna Rosito<sup>a</sup>,  
Giovanna Burlina<sup>a</sup>, Francesca Palmonella<sup>a</sup>**

*<sup>a</sup>Liceo Artistico “Klee-Barabino” - via Giovanni Maggio 5, Genova*

*\*Riccardo Carlini – riccardocarlini1@gmail.com*

### **Riassunto**

*L'articolo presentato vuole spiegare quanto incida la scelta dei materiali in un contesto progettuale architettonico, specialmente in periodi particolari come quello che stiamo vivendo a causa della pandemia, dove bisognerebbe adottare superfici auto-igienizzanti per le proprie strutture.*

*Il lavoro, che è stato svolto attraverso una collaborazione interdisciplinare dalla classe 4R del liceo artistico “Klee-Barabino”, si suddivide in più parti: alcune focalizzate sulle proprietà chimiche del rame, del cemento e dell'alluminio, altre riguardanti la descrizione dei progetti realizzati dagli studenti.*

*Affiancati dai docenti di chimica e di discipline architettoniche, la classe ha potuto elaborare un documento che, mette in evidenza la stretta interazione tra le differenti materie e risulta essere esplicativo delle applicazioni dei principali materiali usati in edilizia.*

### **Abstract**

*The aim of this article is to stress the importance of the choice of proper materials in an architectural project, especially in particular periods, like the one we are living now because of the pandemic, where self-sanitizing surfaces for the structures could be used.*

*The work, which has been performed through an interdisciplinary cooperation by the class 4R of Liceo Artistico “Klee-Barabino”, addresses several topics: some focusing on the chemical properties of copper, concrete and aluminum, other parts dealing with the students' projects.*

*Supported by teachers of chemistry and architecture, the class was able to develop a document which highlights the close interaction between the different disciplines and is explanatory of the applications of the main materials used in construction.*

A seguito della pandemia siamo stati costretti a cambiare le nostre abitudini, anche quelle che ritenevamo scontate: andare a scuola, uscire di casa, o più banalmente essere liberi, senza dover pensare a regole e compor-

tamenti da tenere nei confronti di noi stessi e delle altre persone.

Dovevamo trovare un modo per rimanere uniti stando lontani, ognuno nelle proprie case, in modo tale da poter coinvolgere tutta la classe. Si è quindi pensato di realizzare alcuni progetti alternativi che permettessero di valorizzare la didattica a distanza (DAD). La nostra scuola, il Liceo Artistico Klee-Barabino di Genova, si è dimostrata all'altezza della sfida e ci ha consentito di sfruttare al meglio le tecnologie informatiche e di comunicazione disponibili.

*“Non è stato facile produrre un unico articolo, però con buona volontà, una grande collaborazione da parte dei professori e, fortunatamente con l'ausilio della tecnologia che ci ha permesso di comunicare facilmente, ci siamo riusciti!”* rivela una studentessa.

Il lavoro proposto agli studenti nasce da un progetto realizzato nel corso di discipline progettuali condotto dalla professoressa Giovanna Rosito: ideare una piazza secondo le nuove regole necessarie a contrastare la diffusione del coronavirus. Il passo successivo è stato mettere insieme tutti i disegni degli studenti, evidenziando le potenzialità di ognuno di essi e dando vita a un unico grande progetto. Da alcuni lavori sono stati, inoltre, selezionati i particolari più interessanti: panchine, fontane, strutture verticali ecc...

In seguito, guidati dal docente di chimica, Prof. Riccardo Carlini, i ragazzi hanno trattato il progetto approfondendo le proprietà chimico-fisiche di diversi materiali e le loro applicazioni.

Infine grazie all'intervento della docente di laboratorio di architettura, professoressa Giovanna Burlina, si è cercato di usare alcuni elementi studiati nella progettazione di un Info Point da posizionare all'interno dei Parchi di Nervi a Genova, il polmone verde della nostra città.

*“Essere riusciti comunque a scrivere un articolo, nonostante le nuove restrizioni sociali che ci hanno tenuti lontani, permette di dimostrare come con la giusta organizzazione dei gruppi e l'equa suddivisione dei compiti si può ottenere molto”* è la riflessione di una studentessa *“Un'ottima occasione per trasmettere un messaggio positivo sulla DAD a tutte le persone che avranno l'occasione di leggere questo lavoro!”*.

Gli studenti coinvolti, appartenenti alla classe 4<sup>o</sup>R, indirizzo “Architettura e ambiente”, sono: M. Bastianutti, M.S. Bazzurro, S. Bruzzone, M. Cafferata, V. Caicedo, E. Callegari, G. Carpi, E. Confalonieri, A. Cutri, F. Donini, A. Fioritoni, A. Fontanesi, M. Magnani, E. Martino, R. Paredes, N. Rafia, C. Ricciardulli, G. Sanci, F. Sasso, M. Serpetta, E. Sessarego, S. Villa.

Passiamo quindi ad analizzare più nel dettaglio le varie fasi progettuali e l'intero lavoro realizzato.

L'idea di piazza nasce da ciò che gli studenti hanno attraversato in questi mesi: la pandemia di COVID-19.

Si è cercato di progettare uno spazio aperto, dove ci si possa incontrare in sicurezza mantenendo le distanze adeguate tra gli individui, un luogo ampio dove le persone possano essere libere di stare fuori dalle proprie abitazioni, respirare aria pulita in compagnia di amici, compagni e parenti. Questa piazza vuole creare un'atmosfera colorata e naturale in un contesto urbano e, a tale scopo, sono presenti ampi spazi verdi e una fontana situata al centro. È un luogo che cerca di trasmettere tranquillità, serenità e che vuole creare momenti di pace, riflessione e rilassamento: un modo per recuperare le energie dopo giornate ricche di stress e impegni, che spesso costringono a una frenesia che impedisce di ammirare ciò che ci circonda. Lo spazio progettato per certe persone può rappresentare un luogo di rifugio mentre per altre può essere un punto di incontro. Sono stati progettati percorsi pedonali immersi nel verde, aiuole, roseti, fiori di diverso genere, alberi e rampicanti. Oltre a ciò troviamo rappresentati un'area funzionale per giochi dove bambini e ragazzi possono divertirsi, giocare e fare sport, un'area adibita a bar e una ove possono svolgersi transazioni commerciali. Lungo tutta la piazza sono presenti anche diversi elementi di arredo urbano quali panchine e lampioni generalmente distribuiti lungo i lati tramite una linea curva.

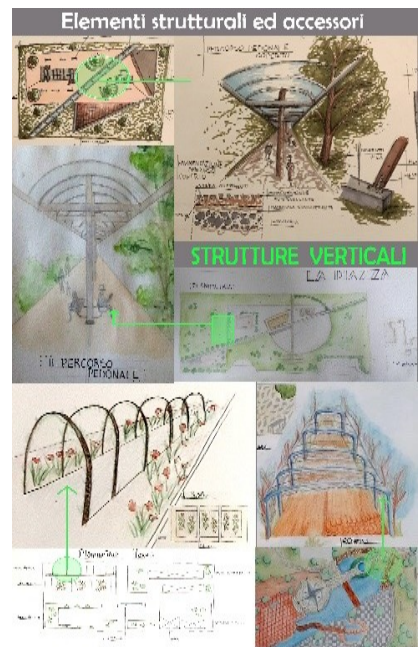
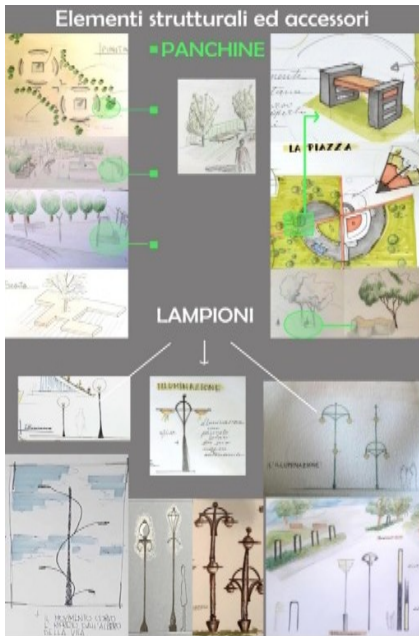
I materiali utilizzati per questi elementi sono il rame, l'acciaio e l'alluminio, materiali che riducono il tempo di vita del virus, a differenza di altri materiali come plastica, vetro etc.

Lo scopo principale di questa piazza è quello di riunire le persone di tutte le età, creare nuove amicizie e stare insieme in sicurezza convivendo con questo terribile rischio di contagio. Il progetto trasmette un messaggio di architettura sostenibile ove l'opera realizzata vive in simbiosi con l'ambiente circostante: un esempio evidente di ciò è rappresentato dall'illuminazione pubblica la cui alimentazione è affidata a pannelli fotovoltaici che permettono alla piazza di essere energeticamente autonoma.

I lampioni, corpi luminosi dedicati all'illuminazione pubblica, vengono utilizzati e posti in aree extraurbane per migliorare la visibilità di zone predefinite. Questi, si differenziano tra loro in base a ciò che li contraddistingue: possono avere uno stile molto semplice ma moderno, proprio perché la loro funzione non è quella di concentrare l'attenzione su di essi, ma semplicemente quella di illuminare e confondersi con il contesto. Più adatta e funzionale, è la luce calda, preferita a quella fredda in quanto crea un'atmosfera accogliente e riservata, non disturbando eccessivamente la vista.

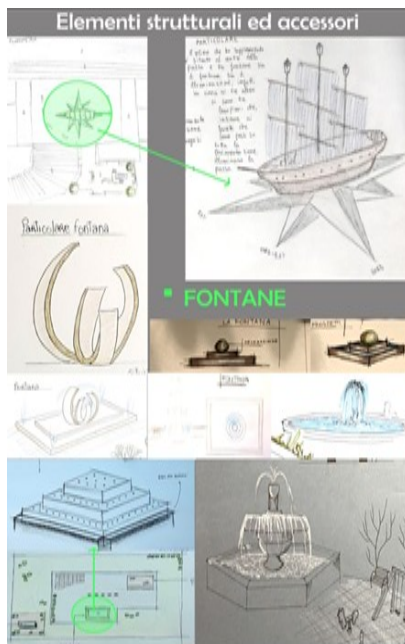


Al contrario, dal punto di vista decorativo, si preferisce la luce fredda poiché fa risaltare maggiormente piante e strutture. Fin dal secolo scorso i lampioni dalle forme tendenzialmente artificiali, hanno costituito un ruolo importante sul piano decorativo, tuttavia al giorno d'oggi questi, sono stati ridotti a forme più semplici e funzionali. La panchina, elemento fisso, generalmente adibito all'arredo della città e utilizzata come oggetto di seduta per più di una persona, viene allo stesso modo identificata come un vero e proprio luogo d'incontro. Essa solitamente collocata lungo aree pubbliche e sorretta da strutture massicce, può presentare braccioli alle estremità e uno schienale che conferisce maggiore confortevolezza. La realizzazione varia a seconda del materiale, che spazia da legno a metallo, da plastica a pietra, a seconda dei colori e dell'ambiente circostante. Il materiale ampiamente utilizzato è il legno, dalla forte naturalezza, durabilità, bellezza e compatibilità ambientale. Esso risulta più leggero rispetto a determinati tipi di cemento e al metallo, nonché più duttile e maggiormente efficace nella dissipazione di sollecitazioni meccaniche. Vengono anche utilizzati i materiali metallici: un esempio è l'acciaio inox, che grazie alla presenza di cromo, è in grado di formare una pellicola di ossido che inibisce la corrosione superficiale. La panchina dal punto di vista architettonico si adatta perfettamente all'ambiente in cui viene inserita, presentando una struttura fruibile da anziani e diversamente abili.



La fontana, elemento architettonico decorativo, generalmente usate per completare l'arredo urbano di parchi e giardini, è adibita alla distribuzione

dell'acqua e rende più dinamico lo spazio entro la quale essa viene inserita. Tale elemento presenta diverse peculiarità e caratteristiche: può essere accompagnata da diverse sculture che ne arricchiscono l'intero complesso o addirittura può essere realizzata in funzione del nome della piazza che la ospita. I materiali più utilizzati al fine della sua realizzazione sono il marmo bianco o policromo, caratterizzato da venature, da decorazioni delicate che danno una forte lucentezza, e il granito, agli antipodi del marmo per quanto riguarda la lavorazione, in quanto la sua proprietà principale è proprio la durezza presentando anche resistenza all'usura e all'abrasione.





In conclusione, le fontane, realizzate a scopo decorativo, creando un punto di attrazione per l'osservatore e offrendogli una possibilità di gioco e divertimento, devono risultare sicure al fine di non danneggiare i pedoni con getti troppo potenti.

Di seguito sono approfonditi i principali materiali utilizzati in questo progetto analizzando le loro sintesi, le loro applicazioni nelle tecnologie per le costruzioni e le loro proprietà chimico-fisiche.

## **Il cemento**

Nel III millennio a.C. in Egitto vennero utilizzati i primi leganti nelle costruzioni; si trattava di malta di gesso impiegata per realizzare opere murarie in conci di pietra. I romani iniziarono ad impiegare come legante nelle costruzioni edilizie la calce aerea, una malta a base di idrossido di calcio  $\text{Ca(OH)}_2$ , che assorbendo l'anidride carbonica presente nell'aria, si indurisce molto lentamente trasformandosi in carbonato di calcio ( $\text{CaCO}_3$ ). Una rivoluzione si ebbe a partire dal I secolo a.C. quando i Romani incominciarono a sostituire la sabbia costituente la malta con la pozzolana o con il cocciopesto. È grazie all'utilizzo di questi due materiali se molte opere romane durano così a lungo nel tempo. Con la caduta dell'Impero Romano si ebbe un declino nel campo delle costruzioni e la tecnologia della pozzolana, fu abbandonata in favore del grassello di calce per tutto il medioevo. Soltanto in epoca rinascimentale, con la traduzione e rilettura dei testi latini si riscoprì il segreto delle costruzioni romane. Nel 1756 l'ingegnere britannico John Smeaton inventò la calce idraulica naturale, ottenuta dalla cottura di calcare contenente una discreta quantità di impurezze di argilla; fu questa scoperta a segnare il passaggio dal calcestruzzo romano a quello moderno.[1] Il calcestruzzo è un materiale composito ottenuto per presa e indurimento di un impasto composto da quantità diverse di cemento, acqua, inerti fini e grossi. Le caratteristiche dei componenti del calcestruzzo e i rapporti quantitativi e qualitativi che li legano, determinano i requisiti del conglomerato che ne deriva, e di conseguenza le possibili applicazioni.[2]

Con la parola cemento si intende una sostanza che abbia azione legante verso altri materiali, specialmente solidi inerti. È un legante costituito da una polvere inorganica, non metallica e finemente macinata ed è uno dei più importanti tra i leganti idraulici, in quanto indurisce e si lega alle materie inerti combinandosi e reagendo con l'acqua. Dopo l'indurimento assume una consistenza lapidea. Il cemento è un materiale fondamentale per le costruzioni edili e le opere di ingegneria civile. Correttamente dosato e mescolato con aggregati e con acqua, è in grado di produrre calcestruzzi e malte che si mantengono lavorabili per un tempo sufficiente alla loro posa in opera.

Dal 1993 la classificazione dei cementi è stata unificata a livello europeo

secondo la normativa UNI EN 197-1, che stabilisce i requisiti di composizione e di resistenza. I prodotti della famiglia dei cementi comuni sono raggruppati in 5 principali tipi, 27 sottotipi e 6 classi di resistenza, per complessive 162 possibili tipologie di cemento con caratteristiche diverse. La composizione o proporzione tra i costituenti, oltre alle proprietà meccaniche, conferisce al prodotto idratato anche particolari caratteristiche di resistenza agli attacchi chimici o chimico-fisici. Eccone alcuni esempi:

**Cemento Portland:** è costituito almeno per il 95% da clinker e solo in misura inferiore al 5% da costituenti minori. Sono i cementi generalmente utilizzati nella prefabbricazione di calcestruzzi armati semplici e precompressi.

**Cementi Portland:** composti a seconda del sottotipo sono addizionati con quantità variabili (dal 6 al 35%) di loppe granulate d'altoforno, fumi di silice, pozzolane, ceneri volanti, scisti calcinati o calcare. Hanno proprietà molto simili a quelle del cemento Portland, che li rendono idonei al getto in opera o alla prefabbricazione di elementi in calcestruzzo armato normale e precompresso.

**Cementi d'altoforno (o siderurgici):** contengono loppa d'altoforno (dal 36% al 95%) e sono particolarmente utilizzati per la realizzazione di opere di grosse dimensioni o nelle situazioni in cui il calcestruzzo è soggetto ad ambienti chimicamente aggressivi.

**Cementi pozzolanici:** contengono dall'11% al 55% di materiale pozzolanico naturale o artificiale e presentano elevata resistenza all'attacco chimico.

**Cementi Compositi:** sono costituiti da clinker (dal 20% al 40%), e da una miscela di loppa, pozzolana e ceneri volanti; sono adatti a realizzare calcestruzzi esposti ad ambienti mediamente aggressivi quali acqua di mare, acque acide, terreni solfatici, ecc. [1]

I principali componenti utilizzati come legante nella preparazione del calcestruzzo è il cemento Portland. Si ottiene dalla macinazione del clinker con l'aggiunta di gesso ed anidrite nella quantità necessaria, con funzione ritardante della presa. La polvere ottenuta è cemento pronto all'uso, la cui composizione tipica è la seguente: 64% di CaO, 21% di SiO<sub>2</sub>, 5,5% di Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 4,5% di FeO, 2,4% di MgO, 1,6% di SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> e l'1% di H<sub>2</sub>O.

I cementi speciali sono cementi che si ottengono allo stesso modo del Portland, ma che hanno caratteristiche differenti da questo a causa della diversa composizione in percentuale dei componenti:

**Cementi resistenti ai solfati:** per contrastare l'attacco acido dei solfati presenti nelle acque superficiali o sotterranee si utilizzano cementi ad alto tenore di ferro e a basso tenore calcareo, che in idratazione producono minori quantità di calce libera. A questo scopo risultano ottimi i cementi pozzolanici e d'altoforno. Il pozzolanico è una miscela di cemento Portland e Pozzolana mentre i cementi d'altoforno sono una miscela di cemento Port-

land e scorie granulate d'altoforno.

**Cementi resistenti al dilavamento della calce:** abbastanza simili sono i cementi resistenti all'azione dilavante di acque pure o ricche di anidride carbonica, che tendono a dissolvere la calce o a trasformarla in bicarbonato solubile. Per resistenze maggiori risulta necessario utilizzare delle protezioni superficiali quali guaine, resine o pitture impermeabilizzanti.

**Cemento a presa rapida:** si utilizza da solo o miscelato con sabbia ed è indicato per piccoli lavori di fissaggio e riparazione; avendo la caratteristica di rapprendere in pochi minuti dalla miscelazione con acqua, per opere maggiori non si avrebbe il tempo per effettuare un buon getto.

**Cemento alluminoso (cemento fuso):** è un cemento composto principalmente di alluminati di calcio, caratterizzato da indurimento rapido e alta resistenza meccanica anche a bassa temperatura e un'elevata resistenza all'azione dei solfati e all'azione dilavante dell'acqua.

**Cemento Portland bianco:** con caratteristiche di lavorabilità, presa e resistenza meccanica analoghe a quelle degli altri cementi, i cementi bianchi vengono prevalentemente impiegati nelle strutture architettoniche, nella prefabbricazione, nel calcestruzzo a faccia vista e dove siano richieste particolari valenze estetiche. Per migliorarne la brillantezza viene aggiunto marmo macinato ed è miscelato con inerti di color bianco.

**Cemento Portland colorato:** si ottengono miscelando cemento bianco con un pigmento colorato. È importante che il pigmento non contenga sostanze nocive sia per l'idratazione del cemento sia per la durabilità del calcestruzzo. [1]

Le fasi della preparazione del cemento Portland:

Ogni fase comprende poi una serie di operazioni che nell'insieme compongono il particolare e complesso ciclo produttivo del cemento.

1. **Estrazione materie prime:** la loro estrazione da cave a cielo aperto situate nei pressi dello stabilimento avviene generalmente con tecniche diverse, a seconda della durezza, della giacitura e della conformazione dei luoghi.

2. **Preparazione della miscela grezza dalle materie prime:** i componenti principali (calcare 80% e argilla 20%) vengono frantumati e macinati dando origine ad una specie di farina idonea per essere sottoposta al trattamento termico di cottura; il materiale frantumato viene sottoposto alle seguenti operazioni: pre-omogeneizzazione, essiccazione/macinazione del crudo, omogeneizzazione della farina cruda.

3. **Cottura del clinker Portland:** è il cuore del ciclo tecnologico del cemento. La cottura viene effettuata a temperature elevate (1450 °C) in forni roteanti, durante questo processo vengono prodotti silicati e alluminati di calcio, che in acqua reagiscono chimicamente formando una massa dura simile alla pietra.

4. **Preparazione cemento:** all'uscita dal raffreddatore, in attesa delle lavorazioni successive, il clinker viene macinato finemente con l'aggiunta di una piccola quantità di gesso, ottenendo il cemento comune, il Portland. Aggiungendo in questa fase altri componenti, si ottengono i cementi speciali. Il clinker viene trasferito in silos di stoccaggio mantenuti in leggera depressione rispetto all'ambiente esterno da impianti di abbattimento che prevengono la dispersione delle polveri. Sul prodotto vengono regolarmente effettuati controlli di qualità per testarne le caratteristiche.

5. **Stoccaggio:** sul prodotto finito sono svolti i necessari controlli di qualità volti ad assicurare, in condizioni economiche competitive, una produzione di leganti idraulici di qualità costante, conformi alle pertinenti normative tecniche e in grado di soddisfare le varie esigenze di impiego. Tale compito è affidato al laboratorio di stabilimento che provvede a tutti i controlli interni.

6. **Insaccamento e spedizione:** dopo l'assegnazione alla pertinente classe prevista dalle norme anche ai fini dell'etichettatura, i cementi vengono avviati alla distribuzione confezionati in sacchi (20-25%) o sfusi. Il cemento viene insaccato all'interno di sacchi di carta particolarmente resistente, del peso di 25 o 50 kg, che vengono impilati su palletts in un magazzino, in attesa di essere prelevati e caricati su autocarro per la consegna. Sui sacchi sono riportati i codici relativi alla tipologia di cemento contenuto. Nel caso di caricamento del cemento sfuso su autocisterne (*betoncar*) sono perlopiù impiegati sistemi pneumatici a ciclo chiuso, senza emissioni in atmosfera. [1]

Quando il clinker viene impastato con acqua, sabbia, ghiaia o pietrisco si ottengono le malte e i calcestruzzi. La presa e l'indurimento sono fasi che avvengono dopo la cottura e la macinazione; il prodotto viene impastato con l'acqua per ottenere una massa fluida che si rapprende (azione di presa) e indurisce fino ad avere la consistenza di una pietra, dovuto alle reazioni chimiche dell'acqua con i componenti del cemento. Dal punto di vista chimico il silicato tricalcico ( $\text{Ca}_3\text{SiO}_5$ ) ottenuto durante la cottura, a contatto con l'acqua si idrolizza dando luogo alla formazione dell'idrossido di calcio cristallino e a un idrosilicato di calcio gelatinoso. Il silicato di dicalcio ( $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$ ) si idrata lentamente mentre l'alluminato tricalcico ( $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ ) reagisce trasformandosi per assorbimento di calce liberata dal silicato tricalcico. La resistenza del cemento aumenta con la finezza della macinazione, con minori quantità d'acqua (rimanendo nei limiti) e con la stagionatura dell'impasto. Un cemento ricco di silicato tricalcico ha un'elevata resistenza che si sviluppa rapidamente e nell'idratazione sviluppa una sensibilità al calore. Un cemento ricco di silicato bicalcico sviluppa una resistenza elevata che però viene raggiunta lentamente e sviluppa la metà della sensibilità al calore del tricalcico. Lo sviluppo del calore segue di pari

passo quello della resistenza meccanica; anche, nel caso del silicato tricalcico, che ha una resistenza che si sviluppa rapidamente, abbiamo sviluppo del calore. Se il calore non viene disperso provoca l'aumento della temperatura dell'impasto che porta ad inconvenienti quali le fessurazioni.

In conclusione i cementi ricchi di silicato tricalcico sono più indicati per costruzioni edilizie comuni, per il loro rapido indurimento e dispersione del calore, mentre quelli ricchi di silicato bicalcico sono adatti per i getti in grandi quantità, come per le dighe, inoltre una ragione chimica di questa scelta è che nell'idratazione non genera l'idrossido di calcio, solubile in acqua e rende il calcestruzzo poroso e poco resistente. Il silicato tricalcico aumenta la resistenza chimica del cemento. [3] Il cemento è uno dei materiali più comunemente utilizzati nell'edilizia attuale, questo perché tra i più economici, versatili e soprattutto espressivi, è in grado di accentuare e valorizzare ogni tipo di forma curva o plastica delle costruzioni che lo impiegano. Il termine "cemento" deriva dal latino "*caementum*" che in origine significava "rottame" per l'impasto, successivamente assunse il significato di "sostanza" che serve ad unire altri corpi fra loro.

Il calcestruzzo non riesce a sopportare in maniera efficiente gli sforzi di trazione ma ha una grande resistenza a compressione, l'acciaio lavora esattamente al contrario perché è dotato di un'ottima resistenza a trazione ma ha una scarsa resistenza a compressione. Grazie a questa diversità i due materiali sono la coppia vincente utilizzata nel campo dell'edilizia perché è in grado di dare alla costruzione la stabilità attraverso la loro collaborazione. Tra acciaio e calcestruzzo si ottiene un'aderenza che permette la trasmissione delle tensioni dal calcestruzzo all'acciaio, l'acciaio partecipa nell'assorbimento degli sforzi di trazione, mentre il calcestruzzo assorbe quelli di compressione. Nonostante ciò, i due materiali eterogenei possono coesistere grazie allo stesso coefficiente di dilatazione termica. La caratteristica del cemento è il fenomeno della presa, che si realizza solo in presenza di acqua grazie alla formazione di alluminati idrati, con il successivo indurimento nel tempo che conferisce al prodotto sia resistenza che durezza.

Il cemento nonostante le elevate temperature, garantisce resistenza e quindi la sicurezza delle strutture anche in caso di incendio. Il regime tensionale interno è soggetto a subire modifiche nel tempo in conseguenza delle deformazioni che si verificano sotto la pressione dei carichi; tra le sue varie caratteristiche sono fondamentali la tenuta e la protezione della parte in ferro contro le corrosioni.

Alcuni esempi di architetture in cemento sono: il progetto di Tadao Ando Chichu, 2004, Art Museum a Naoshima, Giappone. L'isola accoglie varie istituzioni artistiche e culturali del paese [5]



Il viadotto di Millau, alto 334 metri, si trova nella Francia meridionale e collega le reti autostradali A75 di Francia e Spagna attraverso il Massiccio centrale. [6]



- Progetto di Stephan Braunfels per la “Pinakothek der Moderne”, situato a Monaco di Baviera, 2002 (cemento, acciaio, vetro).

È il più grande museo di arte moderna e contemporanea a livello internazionale, si trova in Barer Str. 40. La progettazione della Pinacoteca ha puntato sul “semplice ma d’effetto”, accogliendo i suoi visitatori con un luminosissimo atrio circolare e sormontato da una cupola in stile moderno. [7]



## **Il rame**

Il rame è un metallo di transizione di con struttura reticolare cubica a facce centrate e proprietà chimico-fisiche simili ad argento e oro. I suoi stati di ossidazione sono +1 (sali rameosi) e +2 (sali rameici), alcuni ioni cuprati vengono usati nei magneti superconduttori ( $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ ) o sali complessi ( $\text{Cs}_2\text{CuF}_6$ ) che raggiungono lo stato di ossidazione +3 e +4 (sali molto rari). Questo metallo è l’unico tra quelli per uso industriale che ha un potenziale elettrochimico positivo, rendendolo solubile solo in acidi fortemente ossidanti come  $\text{HNO}_3$  e  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Il rame è passivante: come conseguenza all’esposizione all’aria questo elemento sviluppa uno strato protettivo chiamata patina, che varia in base alle condizioni dell’ambiente, e protegge il metallo.

Durezza (la resistenza nell'essere scalfito) e duttilità (capacità di deformarsi in fili), determinano le proprietà meccaniche del rame. Il rame ha anche un'elevata malleabilità (capacità di deformarsi in laminati) per questo può essere facilmente deformato in maniera plastica. Dopo l'argento è il migliore conduttore di elettricità. Questo metallo è apprezzato per la sua resistenza alla corrosione e la duttilità. Grazie a queste caratteristiche è possibile ottenere fili molto sottili (compatibili con i moderni materiali isolanti), forte e flessibile da sopportare avvolgimenti stretti senza spezzarsi. [8]

In architettura l'uso del rame è molto comune essendo estremamente sostenibile e possibile da riciclare. Viene utilizzato sia nelle facciate metalliche, che per lattoneria, (grondaie ecc.) anche sottoforma di leghe, ad esempio bronzo, ottone, cupralluminio e cupronichel. Le sue caratteristiche lo rendono uno tra i materiali più adatti alla produzione di manufatti, ma non è possibile utilizzarlo in lavorazioni con asportazione di truciolo essendo di una consistenza pastosa. Inizialmente il metallo è molto lucido, in seguito se esposto agli agenti atmosferici, cambia colore e tende a opacizzarsi. Quando non è trattato ha sfumature dal bruno all'arancio, con riflessi molto chiari e può essere lucidato fino a ottenere un effetto specchiato. Negli elementi di copertura, che sono punti esposti all'umidità stagnante, i legami basici che si formano costituiscono uno strato di idrossido o carbonato verde chiaro. La lamiera che arriva in cantiere per il montaggio è costituita da rame disossidato al fosforo e con modesto contenuto residuo di fosforo (CuDHP). Per la realizzazione di facciate viene utilizzato nella saldatura, brasatura, fino al montaggio a secco. Il rame patinato (detto anche "preossidato bruno") ha l'identica composizione di base del rame disossidato al fosforo, ma viene già fornito ossidato su ambedue i lati, con un colore marrone opaco. La patina protettiva superficiale varia con lo scorrere del tempo, diventando sempre più scura, mentre per le coperture assume dopo molto tempo il tradizionale colore verderame. La colorazione cambia anche in base al rotolo di produzione, chiamato *coil*. Il rame preossidato verde (detto anche 'patinato verde') ha la stessa composizione di base del rame non trattato. Il materiale viene fornito già ossidato su un lato, ottenuto tramite un processo di ossidazione indotta, realizzato in fabbrica.

Di seguito, è stata riportata una tabella che precisa le variazioni cromatiche del rame a seconda del tempo di esposizione agli agenti atmosferici.

Composto	Tempo di esposizione	Colore
CuO	Alcune settimane	Strisce nere
Cu <sub>2</sub> O	Alcune settimane	Macchie marroni
CuO-Cu <sub>2</sub> O	6-12 mesi	Bruno omogeneo
CuSO <sub>4</sub> o CuCl <sub>2</sub>	5-10 anni	Verde chiaro su sfondo bruno
CuSO <sub>4</sub> o CuCl <sub>2</sub>	20-25 anni	Verde intenso

Per anni venne sfruttato in ambito architettonico per realizzare forme complesse, di aspetto gradevole e con motivi ondulatori. Ha incorporato nuovi stili, varietà di colori, diverse forme e texture. Alcuni tra gli architetti moderni più conosciuti hanno utilizzato questo metallo come materiale in molte loro opere. Tra essi ricordiamo Frank Lloyd Wright, Michael Graves e Renzo Piano. L'architetto Gehry realizzò una scultura di pesce di rame a Barcellona. È utilizzato così tanto nella progettazione grazie al suo colore metallico brillante. Tanti architetti paragonano le varietà di marroni presenti in esso come: ruggine, cioccolato, prugna, mogano ed ebano.

Numerose ricerche internazionali hanno dimostrato che il rame e le sue leghe non rivestite hanno forti proprietà antimicrobiche, ovvero sono efficaci contro una vasta gamma di microrganismi come batteri, muffe, funghi e virus. Per quanto riguarda il coronavirus, si è visto che i metalli, tra cui il rame, riducono la sua sopravvivenza a pochi minuti mentre su altri materiali, come il legno e la plastica, il virus sopravvive per oltre di 24 ore. Dunque per questo è preferibile utilizzare materiali come il rame nelle nuove costruzioni. Gli USA hanno approvato la registrazione di oltre 300 differenti leghe di rame (rame, ottoni, bronzi, rame-nichel e nichel-argenti) come materiali antimicrobici. Questi sviluppi stanno creando mercati per rame e leghe di rame antimicrobiche in architettura di interni. Per soddisfare le esigenze di progettazione per superfici degli edifici, strutture, infissi e componenti e prodotti a base di rame antimicrobici, sono disponibili nella vendita in un'ampia gamma di colori, finiture e proprietà meccaniche, ad esempio esiste il corrimano di rame, ripiani, corridoi, maniglie, pentole ecc... È consigliabile utilizzare il rame anche nelle coperture, grondaie ecc. poiché sono collegate elettricamente ad un impianto di messa a terra, in cui è previsto un percorso di bassa impedenza elettrica, senza però vie di conduzione, in modo da concentrare il canale di scarico. Grazie a questa caratteristica il rame assume una sorta di protezione dal fulmine, riducendo al minimo i danni agli edifici quando vengono "colpiti" da questo fenomeno naturale. È un metallo che non necessita di pulizia o manutenzione; dunque per questo è particolarmente consigliabile l'utilizzo di esso nelle zone difficilmente raggiungibili.[9] La conduzione dell'energia elettrica è un'esigenza tecnologica molto delicata perché da essa dipende il corretto funzionamento di tanti strumenti di uso comune e la loro sicurezza d'impiego. La dissipazione dell'energia oltre a essere un costo rilevante può rappresentare un elemento di rischio diretto (possibilità di entrare in contatto con valori elevati di energia) e indiretto (si possono scatenare incendi oppure possono venire compromessi sistemi di intervento che hanno lo scopo di scongiurare situazioni pericolose) per chi interagisce con dispositivi elettromeccanici. Pertanto, scegliere un conduttore adatto è fondamentale. Oltre alla sicurezza, non bisogna trascurare l'aspetto economico dato dal



costo del materiale e l'efficienza nella conduzione dell'energia. Si riscontrano molte applicazioni nell'elettronica industriale, elettrodomestici, orologi, computer. [10]

Il rame è perfetto da utilizzare nelle leghe come:

- Leghe di rame e zinco: danno origine ad ottoni. Esse presentano una lavorabilità eccellente che le rende conduttori molto versatili.

- Leghe di rame e berillio: hanno delle ottime proprietà meccaniche, un buon carico di rottura e una eccellente conducibilità (questi vengono utilizzati per componenti sottoposti a fatica).

- Lega di rame e stagno: il bronzo ha buone proprietà meccaniche e conducibilità elettrica.

Il concorrente più rilevante del rame è l'alluminio (poiché è più leggero e ha una resistività maggiore nella produzione di conduttori) anche se tende a ossidarsi con maggiore facilità. Il prezzo del rame dipende dalla qualità: varia da 1 € al Kg fino ad 8 € al kg per quello puro. I giacimenti più grossi di questo metallo attualmente si trovano in Perù e Cile. Anche USA, Australia e Indonesia. [11]

## **Alluminio**

L'alluminio è un elemento molto comune che costituisce l'8,3% della crosta terrestre. [12] È identificato con il simbolo Al. L'alluminio può essere impiegato in molti campi: dall'industria all'edilizia, in campo aerospaziale all'elettronica ed imballaggi. Oggi l'alluminio costituisce molti oggetti quotidiani come biciclette, automobili, porte, finestre, tetti, orologi, lattine e molti altri oggetti. [13] Venne prodotto per la prima volta poco più di 100 anni fa. Il suo nome deriva da "Alum" ossia un solfato di alluminio utilizzato in antichità per preparare tinture e medicinali. Nel 1854 un chimico francese, Henri Sainte-Claire Deville, sviluppò un complesso processo termo-chimico che permetteva una limitata produzione industriale e rendeva l'alluminio costoso addirittura più dell'oro. Nel 1886, finalmente due scienziati, uno americano chiamato Charles Martin Hall, e l'altro francese di nome Paul Heroult, riuscirono in modo indipendente a finalizzare l'alluminio attraverso un processo di fusione elettrolitica. Questo sistema è stato perfezionato dallo scienziato austriaco Karl Bayer e viene utilizzato ancora oggi. [12, 13]

L'alluminio può essere prodotto a partire dalla Bauxite o dalla rifusione del metallo stesso. La bauxite è un minerale molto comune che si presenta sotto forma di argilla granulosa o rocciosa di vario colore, composto principalmente da  $Al_2O_3 \cdot nH_2O$  e  $Al(OH)_3$ . [14] Ogni anno vengono estratte circa più di 100 milioni di tonnellate di Bauxite soprattutto dall'Australia, America centrale e del sud, Africa, India e Cina, Russia, Kazakistan e in Grecia. [12, 13] Viene estratta in miniere a cielo aperto nello strato superiore

del terreno, circa 4/6 metri e poi viene raffinata attraverso il processo chimico Bayer durante il quale l'ossido di alluminio viene separato da tutte le altre sostanze che erano presenti nella Bauxite. Grazie a una soluzione di NaOH si ottiene l'allumina. L'alluminio viene prodotto in impianti di riduzione in cui l'alluminio viene estratto dall'allumina. La trasformazione dell'allumina in alluminio fuso avviene a una temperatura di 950 °C mediante forni elettrici. [13]

Il riciclo dell'alluminio richiede meno energia rispetto alla produzione del metallo primario. Da molti anni, ormai, l'industria italiana del riciclo dell'alluminio è in terza posizione insieme alla Germania dopo Stati Uniti e Giappone. Si tratta di risultati molto importanti che confermano la nostra continua ricerca per lo sviluppo di tecnologie per il riciclo e il recupero dell'alluminio pre- e post-consumo per impieghi nei diversi settori applicativi. L'alluminio possiede caratteristiche ottimali per il riciclo: può essere riciclato la 100% e riutilizzato all'infinito per dare vita ogni volta a nuovi prodotti. Tutto l'alluminio prodotto nel nostro Paese proviene dal riciclo. Durante la fase del riciclo il materiale viene purificato a circa 500°C e poi fuso a 800°C per ottenere alluminio liquido da cui si ottengono lingotti e placche destinate a essere lavorate. L'alluminio riciclato viene impiegato nell'industria automobilistica, nell'edilizia, nei casalinghi e per nuovi imballaggi. L'alluminio può essere riciclato molte volte senza perdere le sue caratteristiche originali. Parlando di volume, l'alluminio è circa 1/3 del rame e dell'acciaio. L'alluminio si ossida a contatto con l'aria creando una protezione sulla superficie che lo rende resistente all'acqua e a certe sostanze chimiche. Ciò lo rende il metallo più utilizzato nell'industria dei trasporti, dell'edilizia e delle costruzioni, proprio perché resiste alla corrosione. L'alluminio è molto malleabile e duttile, infatti si lavora facilmente ed è adatto a subire processi di lavorazione sia ad alte che a basse temperature. Motivo per cui si presta a essere utilizzato per la fabbricazione di contenitori e di imballaggi.

L'alluminio è uno dei migliori conduttori, non a caso sono in alluminio la maggior parte dei conduttori ad alto voltaggio, ma è in alluminio anche la base filettata delle lampadine. Per quanto riguarda la conducibilità termica, è utilizzato negli scambiatori di calore e nell'ambito domestico. Infine, si distingue per un'alta rilevanza e sonora, infatti viene utilizzato nella costruzione di strumenti come il violino e il piano. [15, 16]. L'alluminio è un composto innocuo, ma, quando o viene esposto a elevate concentrazioni, può



presta a essere utilizzato per la fabbricazione di contenitori e di imballaggi. L'alluminio è uno dei migliori conduttori, non a caso sono in alluminio la maggior parte dei conduttori ad alto voltaggio, ma è in alluminio anche la base filettata delle lampadine. Per quanto riguarda la conducibilità termica, è utilizzato negli scambiatori di calore e nell'ambito domestico. Infine, si distingue per un'alta rilevanza e sonora, infatti viene utilizzato nella costruzione di strumenti come il violino e il piano. [15, 16]. L'alluminio è un composto innocuo, ma, quando o viene esposto a elevate concentrazioni, può

causare problemi di salute. [17] Attraverso il cibo, la respirazione e il contatto con la pelle si può assumere l'alluminio che causa seri effetti sul sistema nervoso centrale, perdita della memoria, indebolimento, demenza, severo tremore. È particolarmente pericoloso in diversi luoghi di lavoro per esempio le miniere e le fabbriche d'alluminio dove le persone possono respirare polvere d'alluminio e in seguito riscontrare problemi respiratori. [18, 19]

Una curiosità architettonica: la nuova Filarmonica nel parco parigino di La Villette sarà composta da pannelli di alluminio: con 2400 posti a sedere e progettata dall'Atelier Jean Nouvel, è stata soprannominata la "collina di alluminio", in quanto composta da pannelli in alluminio con forma arrotondata per coniugare principi acustici, scenografici ed architettonici. [20]

## **Conclusioni**

Questo lavoro realizzato in un periodo particolarmente difficile ha consentito ai ragazzi di avvicinarsi al mondo della divulgazione e della ricerca con un approccio multidisciplinare rendendoli consapevoli degli ostacoli che si possono incontrare nel lavorare assieme. I risultati degli approfondimenti svolti hanno consentito un'oculata selezione dei materiali più idonei per la realizzazione del progetto urbanistico nell'ottica di promuoverne le peculiarità estetiche rispettando le norme di sicurezza richieste da eventuali emergenze sanitarie. Un modo per proiettare gli studenti in una situazione reale con tutti i pregi e i difetti della professione che, un giorno, svolgeranno.

## **Bibliografia**

- [1]: [http://www.appa.provincia.tn.it/binary/pat\\_appa\\_restyle/publicazioni/IL\\_CEMENTO\\_sito.1426236411.pdf](http://www.appa.provincia.tn.it/binary/pat_appa_restyle/publicazioni/IL_CEMENTO_sito.1426236411.pdf)
- [2]: [http://www2.unibas.it/architettura/CORSI/GUIDA/Tecnologia\\_I\\_Guida\\_lezioni/Calcestruzzo\\_UNIBAS.pdf](http://www2.unibas.it/architettura/CORSI/GUIDA/Tecnologia_I_Guida_lezioni/Calcestruzzo_UNIBAS.pdf)
- [3]: <https://www.chimica-online.it/materiali/cemento.htm>
- [4]: [https://www.itimajorana.edu.it/allegati/all\\_2122.pdf](https://www.itimajorana.edu.it/allegati/all_2122.pdf)
- [5]: <http://tracce.morettispa.it/index.php/chichu-art-museum-naoshima/https://www.artuu.it/2018/06/25/naoshima-lisola-museo-giapponese-che-fa-impazzire-gli-appassionati-darte-contemporanea/curiosita/>
- [6]: <https://oasjs.turismo.it/cookielex>
- [7]: [https://www.casaclima.com/mb/ar\\_12909\\_PROGETTI-Nuovi-edifici-norman-foster--ponte--francia-In-Francia-il-ponte-pi-alto-del-mondo.html](https://www.casaclima.com/mb/ar_12909_PROGETTI-Nuovi-edifici-norman-foster--ponte--francia-In-Francia-il-ponte-pi-alto-del-mondo.html)
- [8]: <https://copperalliance.it/rame/rame-e-leghe-di-rame/proprieta/>
- [9]: <https://www.teknoring.com/guide/guide-architettura/il-rame-per-le-facciate-metalliche/>

- [10]: <https://lab.monplast.it/quali-vantaggi-utilizzo-del-rame-nei-cavi>
- [11]: <https://www.finaria.it/investire/rame-quotazione-prezzo/>
- [12]: <http://tesi.cab.unipd.it/45909/1/tesi.pdf>
- [13]:  
<https://www.educazionedigitale.it/ye/wp-content/uploads/2018/06/alluminio-produzione-e-caratteristiche.pdf>
- [14]: <http://www.sapere.it/enciclopedia/allum%C3%ACnio.html>
- [15]: <https://www.cial.it/le-caratteristiche-dellalluminio>
- [16]: <http://www.centroal.it/capitolo.php?idSEZ=2&id=28>
- [17]: <https://www.hydro.com/it-IT/lalluminio/il-ciclo-di-vita-dellalluminio/>
- [18]: <https://www.cial.it/category/alluminio-e-riciclo/il-riciclo/>
- [19]: <https://www.lenntech.it/periodica/elementi/al.htm>
- [20]: <http://m.alluminio.it/curiosita-alluminio.cfm>



## **Il bacio di Hayez: arte e chimica per superare le distanze**

**Riccardo Carlini<sup>a,\*</sup>, Rosamaria Malerba<sup>a</sup>, Carla Lotto<sup>a</sup>,  
Francesca Palmonella<sup>a</sup>**

*<sup>a</sup>Liceo Artistico “Klee-Barabino” - via Giovanni Maggio 5, Genova*

*\*Riccardo Carlini – riccardocarlini1@gmail.com*

### **Riassunto**

*In un periodo di pandemia e didattica online, come quello appena trascorso, i docenti e la dirigenza del Liceo Artistico “P. Klee - N. Barabino” di Genova hanno puntato molto sulla valorizzazione della Didattica a Distanza e si è deciso di proporre diverse attività che sfruttassero appieno le potenzialità di questa alternativa di apprendimento. In particolare, nel caso trattato, è stato proposto di effettuare un approfondimento, sotto forma di articolo, che fosse inerente allo studio di un dipinto, nell’ottica di analizzare le caratteristiche storico-artistiche e le proprietà chimico-fisiche dei pigmenti usati. Gli studenti del corso di Arti Figurative hanno, quindi, raccolto tutte le informazioni inerenti all’opera “Il bacio” di Francesco Hayez e l’hanno analizzata dal punto di vista artistico, storico e chimico.*

### **Abstract**

*In a period of pandemic and online teaching like the one just passed, the teachers and the management of the Liceo Artistico “P. Klee - N. Barabino” in Genoa have focused heavily on the enhancement of distance learning by deciding to offer various activities that fully exploit the potentials of this alternative teaching. In particular, in the case treated, it was proposed to carry out a study in form of article inherent in the study of a painting, in order to analyze the historical-artistic characteristics and the chemical-physical properties of the used pigments. The students of the figurative arts course then collected all the information on the paint “Il bacio” by Francesco Hayez and contextualized it from an artistic, historical and chemical point of view.*

Il Romanticismo è un movimento culturale ed artistico che si sviluppa da Germania, Francia e Inghilterra e si diffonde in tutta Europa, nella prima metà dell'Ottocento, un periodo di grandi mutamenti storici.

L'inizio del secolo segna il fallimento degli ideali della Rivoluzione Francese, al tempo stesso, si diffonde la Rivoluzione industriale, mentre i progressi tecnologici e scientifici stanno modificando la società.

Il Romanticismo si fa, dunque, interprete delle inquietudini e delle tensioni che animano il periodo, elaborando una nuova visione della cultura e dell'arte.[1]

In Italia, il passaggio dal Neoclassicismo al Romanticismo avviene in un periodo di grandi cambiamenti. Una delle figure artistiche di spicco, che vive in quegli anni, è Francesco Hayez, pittore italiano sensibile agli ideali del Romanticismo.

In seguito al Congresso di Vienna, l'Italia, che aveva un ruolo marginale rispetto alle altre potenze europee, viene divisa in diversi stati, tutti soggetti al dominio più o meno diretto degli Asburgo d'Austria. La frammentazione è determinante per l'affermazione di varie società segrete di orientamento democratico-radicalo, quali la Carboneria e la Giovine Italia. Il sentimento nazionale italiano viene, quindi, vivificato dai moti del 1848, che a loro volta sfociano nella Prima Guerra d'Indipendenza Italiana, non coronata, però da successo. Bisognerà attendere il 1859 per l'avvio definitivo del processo di unificazione.

Gli accordi segreti di Plombières, stipulati da Napoleone III e Camillo Benso Conte di Cavour, sanciscono la formazione di un'alleanza anti-austriaca, che porta in breve alla Seconda Guerra d'Indipendenza Italiana e alla Spedizione dei Mille. Il Regno d'Italia verrà proclamato pochi anni dopo, nel 1861.[2]



**Figura 1:** Francesco Hayez, Autoritratto a 88 anni (1879).  
Venezia, Galleria Internazionale d'Arte Moderna

Francesco Hayez nasce a Venezia nel 1791 da una famiglia in precarie difficoltà economiche, a causa delle quali viene affidato allo zio Giovanni Binasco, mercante d'arte di origine genovese, che riconosce le capacità artistiche del ragazzo. Hayez diventa, successivamente, allievo dei pittori Francesco Maggiotto e Teodoro Matteini.

Nel 1809 vince una borsa di studio per un soggiorno all'Accademia Nazionale di San Luca a Roma, dove si trasferisce e conosce, tra gli altri, lo scultore Antonio Canova.

Nel 1812 partecipa a un concorso di pittura dell'Accademia di Brera per l'opera del *Laocoonte* e comincia a farsi conoscere nell'ambiente culturale romano, soprattutto in quello classicista e purista, grazie alle opere *Rinaldo e Armida* (1812-1813) e *Ulisse alla corte di Alcino* (1814-1816).

Nel 1817 si reca a Venezia e lavora anche a Padova e Milano. E' in questa città che incontra personaggi come Manzoni e altre figure di rilievo, grazie alle quali aderisce agli ideali del Romanticismo. Dal 1850 insegna, in qualità di professore di pittura, all'Accademia di Brera.

Nel 1859 Hayez presenta la sua prima versione del *Il Bacio* all'esposizione di Brera, mentre la sua seconda versione viene inviata a Parigi nel 1867. Nel 1867 realizza opere come *La Distruzione del tempio di Gerusalemme* e *Marin Faliero*. L'ultima opera è *Un vaso di fiori sulla finestra di un harem*, eseguito un anno prima della sua morte avvenuta nel 1882, il 21 dicembre, a Milano.[1]

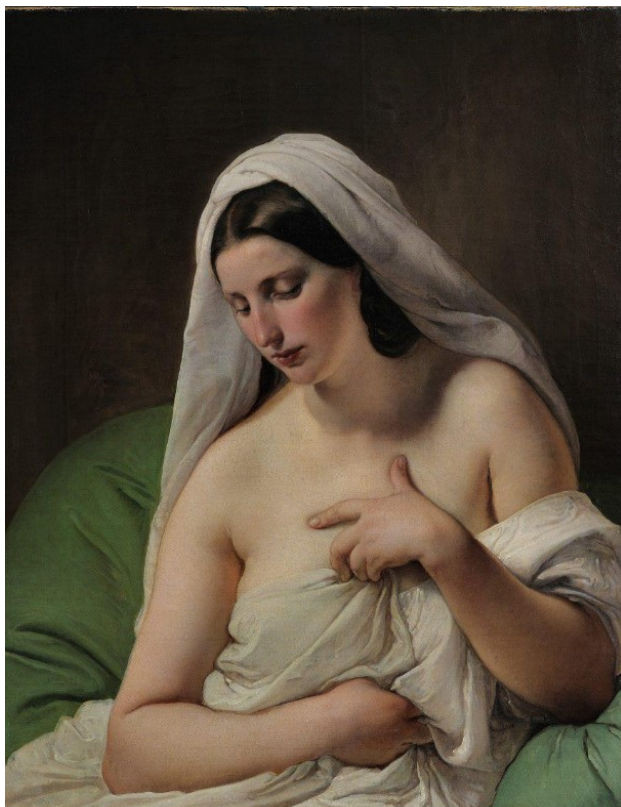
Nel 1890, nella piazza di Brera, gli viene dedicata l'opera dello scultore Francesco Barzaghi. Nel 1934 a Milano gli viene dedicata una mostra al Castello Sforzesco, nella quale vengono esposti 98 suoi dipinti. Le sue opere trovano posto nei più importanti musei del mondo.[2]

Francesco Hayez sviluppa sulla tela diversi temi del Romanticismo: l'esortazione alle virtù, il patriottismo, la manifestazione dei sentimenti, i soggetti colti nei loro atteggiamenti amorosi, o di tristezza, dove spesso viene messa in evidenza la sensualità.

Dopo il soggiorno romano, che gli consente di conoscere l'opera di Raffaello e di Ingres e di frequentare lo studio di Canova, il periodo trascorso a Venezia, intorno al 1817, gli permette di rinnovare il suo stile, che si arricchisce grazie all'influenza della pittura veneta del Cinquecento.

Da questo momento, le sue opere abbandonano i rigori neoclassici in favore di una disposizione sentimentale inedita. L'artista raggiunge quindi la maturità artistica a Milano, dove trova non solo un pubblico entusiasta dei suoi lavori, ma anche un ambiente culturale favorevole. Nei temi storici trattati da Hayez si può riconoscere uno spirito nazionalistico, carico di suggestioni, ma anche la forza di un naturalismo nuovo.





**Figura 2.** Francesco Hayez, *Odalisca*, 1839, olio su tela, 80x64cm.  
Milano, Pinacoteca di Brera

Negli anni Venti e Trenta l'adesione al Romanticismo e alla causa nazionale si vede in opere come il "*Conte di Carmagnola*" o "*I Due Foscari*", dove è messo in evidenza il tema romantico dell'eroe individuale. Hayez affianca a questi altri dipinti che contemplano una prospettiva più ampia, nei quali non è più un singolo personaggio ad impersonare il tema, ma il popolo nella sua dimensione corale, come avviene nel "*Pietro l'Eremita predica la prima crociata*" del 1829.

Tuttavia già dal 1848, forse a causa della conclusione negativa dei moti sviluppatasi in Lombardia in quell'anno, e della nascente sfiducia nella possibilità di liberazione dal dominio straniero, nella pittura di Hayez prevalgono soggetti più malinconici e figure femminili inquiete e sensuali.

Oltre ai soggetti storici, Hayez coltiva sempre la passione per i ritratti, rappresenta infatti in maniera molto efficace i volti della sua committenza aristocratico-liberale milanese.[5]

Per quanto riguarda invece i pigmenti utilizzati dagli artisti dell'epoca e quindi dallo stesso Hayez, dopo il 1856, anno in cui Perkin mette a punto e commercializza la "mauveina", possiamo affermare che non ci siano state nuove introduzioni importanti, ad eccezione del Blu di Prussia, già in uso alla fine del 1600, di alcuni pigmenti bianchi preparati per la prima volta verso la fine del 1700 e i primi del 1800 ( con lo scopo di sostituire il bianco di piombo, pigmento altamente velenoso) e dell'introduzione di certi tipi di cromato di Pb che permettevano di ottenere una gamma cromatica molto ampia sui toni del giallo-rosso.[6]

Ci si dedica soprattutto ad ottenere pigmenti inorganici in sintesi, come per esempio i pigmenti di Marte, ossidi di ferro più puri di quelli che si trovano nelle "terre"; si sono poi creati, in modo casuale, dei pigmenti rari, come ad esempio l'azzurro oltremare che si forma in maniera spontanea nei forni da calce. Questo fenomeno era già stato documentato da Goethe nel 1787 che aveva rilevato come a Palermo utilizzassero questo tipo di pigmento al posto del vero lapislazzulo.

Dopo la metà del 1800 si verifica un grande cambiamento grazie allo sviluppo dell'industria chimica, la quale fornisce un numero sempre maggiore di pigmenti inorganici e soprattutto organici.

I pigmenti organici, dai colori accesi e brillanti, attirano in particolare gli artisti, che li utilizzano senza controllarne la stabilità nel tempo, ottenendo spesso risultati sconcertanti (come possiamo notare nei girasoli "scuri" di Van Gogh, oppure nei cinque pannelli murali -sulla tonalità del rosa-rosso- di Rothko per l'Università di Harvard, realizzati nella seconda metà del Novecento e che devono essere rimossi circa 10 anni dopo, poiché il colore si è danneggiato in più parti).

Dal 1800 iniziano a circolare i colori in tubetto, già preparato, ma questo costituisce un passo in avanti. Era (in) uso, prima di allora, che i pittori preparassero i colori nella propria bottega, per questo motivo essi conoscevano bene i comportamenti assunti dai vari leganti e dai pigmenti, perciò vi era un rischio meno elevato di commettere degli errori.

Al contrario trovano grosse difficoltà gli artisti che tentano nuovi tipi di preparazione del colore. Spesso, inoltre, il produttore dei colori in tubetto unisce al pigmento altri prodotti meno pregiati.

Durante il diciannovesimo secolo, con l'inizio dell'Arte Moderna, si verificano notevoli cambiamenti per pittori e acquarellisti che hanno la possibilità di usufruire di nuovi colori e tinte in versione migliorata.[7]

Nel 1807 viene scoperto il blu cobalto, il giallo cadmio appare nel 1820, seguito dal viridiano nel 1838, mentre nel 1860 appare il blu ceruleo, a cui fanno seguito il bianco zinco, l'ultramarina francese sintetica a buon mercato e il viola cobalto.

Come nel verde smeraldo, i problemi rimangono, principalmente la tossicità.

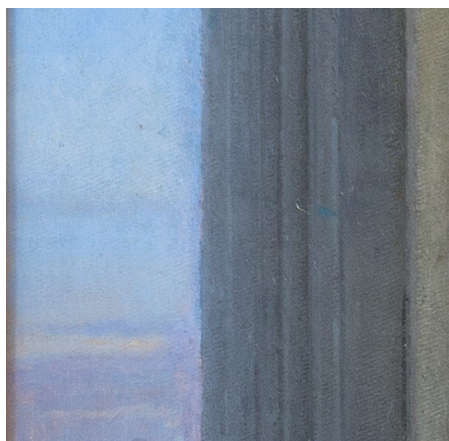
La ragione dell'introduzione di nuovi colori ad olio e acquerello non ha niente a che vedere con il campo artistico, ma sono nati quasi esclusivamente per via dell'enorme richiesta di coloranti tessili per l'abbigliamento. Così i primi a beneficiare della scoperta di un nuovo pigmento, o uno vecchio sintetizzato, sono proprio i produttori di tessuti.

Dal momento che la domanda dei pigmenti speciali, di qualità artistica, risulta inferiore bisogna aspettare più tempo perché il mercato li richieda.

Come molti artisti romantici, anche Hayez viene influenzato dalla diffusione dei nuovi pigmenti di sintesi, la cui circolazione è resa possibile dai progressi dell'industria chimica.[8]

In tutte le opere esaminate dell'artista, è presente la biacca, che in certi casi può essere tagliata con la barite; essa rappresenta un pigmento molto importante per la tecnica artistica di Hayez, utilizzata sia pura come pigmento bianco, sia mesticata ad altri pigmenti per ottenere un'ampia gamma di tonalità di colore e per una rapida azione siccativa creando film pittorici elastici e robusti.

La gamma dei colori di Hayez è indirizzata per la maggior parte su materiali pienamente certificati in manuali antichi e analoghi alle pratiche tradizionali; si ipotizza che i pigmenti siano realizzati in maniera autonoma dall'artista, in quanto, quest'ultimo possiede un tavolo dotato di macinatoio (donato nel 1861 all'Accademia di Brera).



**Figura 3.** Ecce Homo, 1867-1875. Lovere (Bergamo),  
Galleria dell'Accademia Tadini-particolare del cielo blu oltremare naturale

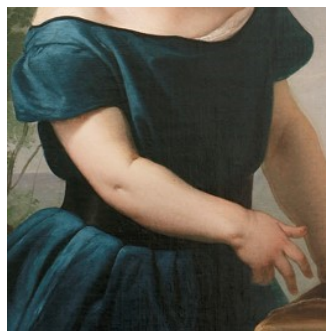
Su di esso diverse indagini ed esami hanno rilevato la presenza di:  
-Giallorino, ovvero Giallo di Piombo e Stagno (menzionato da Cennino Cennini nel Libro dell'arte).

- Giallo di Napoli (noto sin dall'antichità).
- Terre e Ocre rosse e gialle (conosciute e utilizzate fin dai tempi preistorici).
- Nero d'avorio.
- Blu profondo dell'oltremare naturale in alcune stesure dell'Ecce Homo della Galleria Tadini.

Inoltre, si è pensato che vi fosse la presenza di rosso cinabro, da quando sono stati rintracciati dei segnali di minerali argillosi presenti normalmente come impurezze del pigmento.

A questa gamma cromatica si associano anche i primi pigmenti di sintesi: il blu di Prussia, inventato per caso da Johann Jacob Diesbach nel 1704 e già abitualmente usato nelle tavolozze dei pittori dell'Ottocento.

**Figura 4.** Ritratto di Federica Mylius Schnauss, 1828. Loveno di Menaggio (CO), Villa Vigoni, Centro Italo-Tedesco – Particolare del nastro blu cobalto



**Figura 5.** (a sinistra) Ritratto di Giulio Vigoni bambino, 1842. Loveno di Menaggio (CO), Villa Vigoni, Centro Italo-Tedesco – (a destra) Particolare della veste blu di Prussia

Dal 1829, Hayez utilizza il blu di cobalto in ridotte parti delle tele, per verificare la intensità e la resa dei toni freddi. L'artista si preoccupa, infatti, di ottenere effetti di colore brillante e durevole e che gli consenta di essere impiegato con grande affidabilità.



Francesco Hayez, *Il bacio*, 1859; olio su tela, 112x88 cm.  
Milano, Pinacoteca di Brera



**Figura 6.** Francesco Hayez, *Il bacio*, 1859 -ingrandimento dei volti

La scelta dell'opera è stata fatta con lo scopo di sottolineare il fatto che ai nostri giorni, a causa della distanza sociale, anche solo il semplice atto del bacio o dell'abbraccio non è più consentito.

Con questa premessa il dipinto selezionato è quello che con più genuinità riesce a racchiudere tutti quei sentimenti contrastanti che ci hanno accompagnato in questa quarantena, e lo abbiamo individuato al fine di coinvolgere e riaccendere una piccola speranza nei nostri connazionali.

Il quadro è stato mostrato all'Esibizione di Brera del 1859 ma non è entrato all'interno della collezione della Pinacoteca fino al 1886. Hayez lo dipinge all'età di sessantotto anni su commissione di Alfonso Maria Visconti di Saliceto. Nell'opera vediamo raffigurati un giovane che stringe in un abbraccio appassionato la propria donna. [9]

La scena dell'incontro si svolge in un'ambientazione medioevale, lo si può notare dal pianerottolo che ricorda quello di un castello; le vesti dei due amanti non sono definibili ma fanno pensare alla moda del XIV secolo.

Il messaggio universale dell'opera riguarda l'amore individuale e l'amore per la Patria. Il tema sentimentale è infatti messo in risalto dall'intensità del bacio e dall'abbandono fiducioso della donna al giovane. Quello patriottico invece è enfatizzato anche dalla data di realizzazione che coincide con quella della seconda Guerra di Indipendenza. L'ombra che sale le scale e la posizione della gamba, con il piede sul primo gradino, è il segno che il giovane è pronto a partire per il fronte e dunque è un bacio d'addio. Il pugnale che si intravede dalla gamba del ragazzo è probabilmente indice del fatto che sia un rivoluzionario antiaustriaco.

Nel dipinto viene rappresentato un tema comprensibile ma suggestivo. Il bacio è naturale e l'impianto compositivo è equilibrato; i due giovani legano insieme dissonanze cromatiche attraverso la gamba dell'uomo piegata, quasi ad accogliere l'inclinazione della giovane. Le tonalità cromatiche fredde dell'abito femminile sono contrapposte a quelle calde degli abiti maschili. La luce, che proviene dall'alto, crea colori tenui, mentre gli stacchi chiaro-scuro accentuano il volume dei corpi. Una delle repliche fatte dall'autore viene presentata all'Esposizione di Parigi del 1879, dove cambia i colori in modo da legare tra loro sia la Nazione francese sia quella italiana (azzurro della veste, bianco del merletto del vestito, rosso della calzamaglia, verde dell'interno del mantello). [10] Francesco Hayez era molto attento alla scelta del supporto su cui dipingere. Egli sceglieva tavole preparate, di cui preferiva la compattezza, e probabilmente per *Il Bacio* ha acquistato una tela pronta all'uso, ottenuta ritagliando un tessuto più grande. [11]





**Figura 7.** Francesco Hayez, *Il bacio*, 1859- ingrandimento della gonna

Analizzando la tela si riscontra la presenza di piombo, bario, calcio e stronzio, che rimanda a una miscela di biacca, barite (solfato di bario) e un composto di calcio (solfato o carbonato di calcio), con impurezze di ferro, rame e forse stagno.

Tale preparazione è analoga a preparazioni commerciali impiegate all'epoca, riscontrata anche su altri dipinti dell'artista.

Se invece si approfondisce lo studio dei pigmenti de "Il Bacio" si nota che Hayez usa il blu di Prussia per le tonalità blu scure o blu verdastre, l'ol-



tremare negli azzurri più brillanti o chiari, il blu di cobalto in azzurri chiari e bianchi azzurrati. Tra i rossi troviamo il vermiglione nelle cromie più brillanti e, in alcuni rosa, ossidi di ferro rossi o arancio, lacche di garanza e carminio. Tra i verdi, l'assenza di rame e arsenico portano a escludere l'impiego di pigmenti verdi artificiali di natura

**Figura 8.** Francesco Hayez, *Il bacio*, 1859- particolare della veste femminile

cuproarsenicale, diffusi nel XIX secolo, mentre la presenza di ferro restringe il campo all'impiego di terra verde o di miscele di blu di Prussia e pigmento giallo.

Nell'opera si individua la presenza di un verde ossido di cromo opaco; tra i gialli, l'ocra gialla e il giallo di Napoli, impiegato in piccola quantità, in vari impasti bruni o verdi. I bruni sono in gran parte a base di ossidi di ferro poveri in manganese, elemento tipico di terre d'ombra.

Il pigmento bianco predominante usato è la biacca, mentre nei neri l'incremento del segnale del calcio è riferibile all'uso di nero d'avorio.

La Biacca ( $\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb(OH)}_2$ ) (nota anche come Bianco di piombo, Bianco d'argento, Bianco di Cremnitz e Cerussa) è un pigmento inorganico minerale, costituito principalmente da carbonato basico di piombo(II), bianco e inodore, che in natura si trova all'interno di un minerale chiamato Cerussite (da cui deriva il nome "cerussa"). È un minerale secondario che deriva dall'alterazione della Galena e come tale si trova nella zona di ossidazione dei relativi giacimenti. [12]

Il termine "biacca" deriva dal longobardo *blaih* o *blaiich*, che significa letteralmente pallido, sbiadito. È caratterizzato da un alto potere coprente e viene solitamente utilizzato per vernici a olio. Si presenta come una polvere bianca, pesante, insolubile in acqua; oggi il suo uso è molto limitato perché imbrunisce sotto l'azione del solfuro di idrogeno contenuto nell'aria. Infatti ossidandosi si trasforma in ossido di piombo(IV) marrone scuro. Questa tendenza all'incupimento è molto più evidente quando questo bianco è utilizzato con leganti magri (pittura murale, tempera, etc.) e in presenza di umidità. Inoltre la biacca cristallizza nella classe bipiramidale del sistema rombico, formando cristalli allungati o tozzi, spesso riuniti o in geminati multipli, o in aggregati aciculari, o in masse compatte. Può essere incolore oppure bianco-grigiastra, nerastra o verde.[13] Questo pigmento è conosciuto e utilizzato fin dai tempi più antichi, ed è stato l'unico bianco disponibile, e il più diffuso, fino al XIX secolo. Fu un colorante molto popolare soprattutto per le sue caratteristiche cromatiche e la relativa semplicità del metodo di produzione: veniva infatti usato per la fabbricazione di cosmetici o di colori per utilizzi artistici. In seguito, con la commercializzazione del Bianco di Zinco (nel 1840 circa) e, nel XX secolo (1930 circa), del Bianco di Titanio, il suo impiego è parecchio diminuito fino quasi a scomparire del tutto. Da diversi decenni, ormai, si produce la biacca super-sublimata, un solfato basico  $2 \text{PbSO}_4 \cdot \text{PbO}$ , ottenuto a caldo per azione dell'anidride solforosa sul piombo nebulizzato. Rispetto alla biacca classica ha il vantaggio di non annerire a contatto con il solfuro di idrogeno e di non essere tossica. Oggi viene usato esclusivamente da alcuni pittori particolarmente legati alla tradizione e, seppur raramente, in lavori di restauro.[13]

La Biacca viene prodotta, ormai, soltanto da alcune ditte che la utilizzano



per la fabbricazione di colori pronti (in genere a olio), mescolandola al bianco di zinco allo scopo di limitarne la sua tendenza a scurire. L'essiccazione è abbastanza veloce e produce un film molto elastico, di robustezza non eguagliabile con altri bianchi, che tuttavia tende a perdere il suo potere coprente con il passare degli anni.

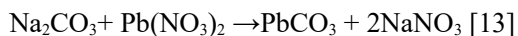
Nella tecnica a olio il problema della sua alterazione nelle mescolanze è meno evidente che nelle tecniche ad acqua, in quanto le particelle di pigmento sono protette dal legante grasso e difficilmente entrano in stretto contatto tra loro. Occorre evitare miscele con sostanze contenenti zolfo e suoi derivati che potrebbero produrre un annerimento progressivo e irreversibile (trasformandolo in  $PbS_2$ ).

Nell'affresco, come in tutte le tecniche ad acqua, è un pigmento fortemente sconsigliato, anche per una marcata refrattarietà a mescolarsi omogeneamente con l'acqua. La biacca è resistentissima se viene usata adeguatamente e viene difesa dagli agenti atmosferici, come possiamo constatare dai quadri degli antichi maestri che se ne servirono con giudizio.[12]

Il bianco di piombo si ottiene tramite un processo di corrosione del piombo causato da un acido: in passato si usava l'acido acetico. Il procedimento di corrosione venne descritto per la prima volta da Teofrasto di Ereso nel III secolo a.C. Dei contenitori di terracotta venivano riempiti con l'aceto più potente a disposizione, in cui erano inserite scaglie o spirali di piombo per esporle alla corrosione per circa 10 giorni. Successivamente, i contenitori venivano aperti, il piombo estratto e il carbonato di piombo (cristalli bianchi formati sul metallo) asportato e conservato; il piombo rimanente veniva riutilizzato per produrre altra cerussa. Il sale di piombo subiva quindi una tritatura molto fine e una lunga bollitura in acqua, al termine della quale la miscela di acqua e carbonato di piombo veniva lasciata a decantare per far precipitare i sali sul fondo del contenitore e lasciar evaporare l'acqua, ottenendo così polvere di biacca.[14]

L'industria della biacca ebbe inizio a Clichy, in Francia. Il processo di Clichy o di precipitazione consiste nel precipitare la biacca con acido carbonico da una soluzione acquosa di acetato basico di piombo. La soluzione acquosa di acetato basico di piombo si prepara trattando l'ossido di piombo (II)  $PbO$  con acido acetico; ottenuta la soluzione corrispondente all'acetato basico di piombo  $(CH_3COO)_2Pb \cdot 3 Pb(OH)_2$ , si fa arrivare una corrente di anidride carbonica in modo da precipitare il carbonato basico. Per filtrazione si separa il precipitato (biacca), successivamente seccato e ventilato, mentre in soluzione resta l'acetato di piombo (II), che rientra in ciclo per formare nuovo acetato basico con l'ossido di piombo. In definitiva, una data quantità di acido acetico può trasformare in biacca una quantità pressoché illimitata di ossido di piombo. L'operazione dura circa 10-12 ore alla temperatura ordinaria.

Per sintetizzare la biacca in laboratorio abbiamo fatto reagire nitrato di piombo acquoso con una soluzione carbonato di sodio

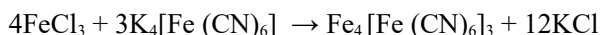


Un altro pigmento presente nel quadro “Il bacio” di Hayez è il blu di Prussia il quale si trova, probabilmente, nell’incavatura presente dietro il muro e nel muro stesso in cui notiamo delle ombre bluastre; inoltre possiamo supporre che il blu di Prussia sia presente anche nell’abito della donna forse unito con la biacca per realizzare il chiaro scuro.



**Figura 9.** Francesco Hayez, *Il bacio*, 1859 - ingrandimento del muro

Il blu di Prussia si può ottenere in laboratorio dalla reazione di ferrocianuro di potassio  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  dal colore giallo chiaro e cloruro ferrico, dal colore giallo più intenso.



**Figura 10.** Francesco Hayez, *Il bacio*, 1859 – particolare del muro e dell’ombra



**Figura 11.** Francesco Hayez, Il bacio, 1859 – ingrandimento della gonna femminile

Con il prof. di chimica Riccardo Carlini, durante una esercitazione di laboratorio in *streaming*, abbiamo sintetizzato questo pigmento unendo le sostanze citate precedentemente, assistendo così alla preparazione del blu di Prussia. La sua sfumatura dipende dal legante con il quale viene utilizzato e si presenta come una polvere molto fine con un ottimo potere coprente. Il colore molto intenso del blu di Prussia è causato dal trasferimento di elettroni da un atomo di ferro a un altro, all'interno del composto. Molti di questi sali a valenza mista assorbono determinate lunghezze d'onda della luce. In questo caso la luce rosso-arancione, circa 680 nanometri in lunghezza d'onda, viene assorbita e la luce riflessa risulterà di colore blu.

Il blu di Prussia presenta 2 forme: la insolubile  $K[Fe(III)Fe(II)(CN)_6]$  e la forma solubile  $[Fe(III)(CN)_6]_3$

Nel blu di Prussia solubile la struttura cubica del reticolo di base contiene ferro (II) e ferro (III) alternati e situati sulla faccia cubica centrata in modo che gli ioni di ferro (III) siano circondati da atomi di azoto e gli ioni di ferro (II) da atomi di carbonio.

Nella struttura del Blu di Prussia insolubile gli ioni ferrici sostituiscono quelli di potassio negli spazi interstiziali.[15]

Il blu di Prussia è il primo pigmento sintetico e inorganico ottenuto casualmente dal pittore Diesbach a Berlino agli inizi del 1700 (da questo derivano gli altri nomi del pigmento Blu di Diesbach e Blu di Berlino). Diesbach tentò di creare una lacca rossa di cocciniglia per cui erano necessari solfato di ferro e potassa (idrossido di potassio) che si procurò da un alchimista di nome Johan Konrad Dippel. Diesbach chiese all'alchimista di dargli della potassa che era stata contaminata da grasso animale. Il pittore scoprì ben presto che la sua lacca rossa era risultata pallidissima; cercando di salvare il salvabile, tentò di concentrarla e questa diventò prima porpora,

poi blu scuro. A oggi però è difficile sapere se questa storia sia vera.[16]

Essendo facile da sintetizzare, conveniente e non tossico, il blu di Prussia è stato molto usato come pigmento dagli artisti del 1700 in poi. Venne principalmente utilizzato in olio, acquarello e tempera, venne però sconsigliato per l'affresco e l'encausto, una tecnica di pittura in uso presso gli antichi, che adoperava colori sciolti nella cera fusa, i quali si riscaldavano al momento in cui dovevano essere usati; talvolta la cera era usata insieme con l'olio. Ancora oggi viene utilizzato nelle pitture industriali, negli inchiostri da stampa e delle penne, per il suo basso costo e per la tonalità intermedia tra il blu oltremare e il blu cobalto.

La carriera di Francesco Hayez, caposcuola della pittura romantica italiana, si è svolta in parallelo alle innovazioni dell'industria chimica dell'Ottocento. La ricerca scientifica ha permesso di comprendere la tecnica dell'artista, fedele alle tradizionali pratiche di bottega ma sensibile alla diffusione dei nuovi pigmenti di sintesi resi disponibili dai progressi della chimica. Egli utilizzava materiali ampiamente attestati nei manuali antichi e riconducibili alle pratiche tradizionali, pigmenti che molto probabilmente l'artista preparava da sé, dal momento che possedeva un tavolo con macinatoio poi donato all'Accademia di Brera nel 1861. L'utilizzo del Blu di Prussia da parte dell'artista si inseriva nella cauta sperimentazione dei nuovi pigmenti che la scienza rendeva improvvisamente disponibili agli artisti e consentiva ad Hayez di garantire la stabilità e la brillantezza dei suoi colori. [17]

Il blu di Prussia si trova anche nelle seguenti opere:



**Hokusai.** La grande onda 1830-1831 xilografia Museo di Hakone, Giappone

L'artista utilizzò questo pigmento per rendere efficace la profondità dell'acqua e la distanza atmosferica servendosi poi di altri pigmenti che variano dal bruno-rossastro al giallo, passando per il beige. [18]



**Van Gogh.** Notte stellata 1889 olio su tela New York, Museum of Modern of Art

Il pittore utilizzò grandi quantità di blu, passando dal blu di Prussia al Carta da zucchero. L'intimità e la commozione di questo dipinto sono dati certamente anche dal blu scuro che racchiude il giallo delle stelle unendosi con esso e generando sprazzi di blu più chiaro. [19]

### **Conclusion**

Il lavoro qui presentato evidenzia lo stretto rapporto presente tra chimica e pittura che ha consentito agli studenti di comprendere meglio il metodo scientifico con cui vengono studiati ed analizzati i pigmenti utilizzati nei dipinti, le potenzialità e gli ostacoli presentati dal lavoro di gruppo, la necessità di trarre informazioni da fonti sicure e la struttura con la quale vengono disseminati i risultati di una ricerca. La classe, composta da A. Baratta, C. Bignoli, A. Boero, G. Boero, B. Bollo, I. Botros, V. Brida, M. Buduscu, C. Cafferata, V. Campodonico, S. Canepa, L.K. Croveto, M. De Pascale, S. Falcone, C. Ghersi, V. Gogolino, S. Lagomarsino, V. La Magra, E. Padovani, S. Pasquaretta, E. Passalacqua, C. Rabaglio, F. Ravarotto, C. Spotorno, C. Tregrosso, ha lavorato sotto la guida del docente di Chimica dei Materiali (Prof. Riccardo Carlini), della docente di storia dell'arte (Prof.ssa Rosamaria Malerba) e della docente di lettere (Prof.ssa Carla Lotto). Grazie a questa

interazione è stato possibile mettere in risalto molte delle potenzialità didattiche dell'insegnamento a distanza: la sua versatilità applicativa ha reso possibile una valida collaborazione interdisciplinare che ha consentito la pubblicazione della ricerca qui presentata.

### **Ringraziamenti**

Gli autori e la classe ringraziano la Pinacoteca di Brera, museo detentore de "Il Bacio" di Hayez, per la grande disponibilità dimostrata nel fornire informazioni preziosissime per lo studio dell'opera d'arte qui presentato.

### **Bibliografia**

- [1] Cristina Dalla Costa e Gabrio Pieranti, "Civiltà d'Arte", volume 2, editore "Arancio Gillo Dorflès", 2015.
- [2] [www.treccani.it](http://www.treccani.it), Enciclopedia Italiana di Raffaele Calzini.
- [3] Philippe Daverio e Fernando Mazzocca, "Hayez", volume 47, editore "Corriere della sera", 2018.
- [4] [www.settemuse.it](http://www.settemuse.it), editore Enrico Riccardo Spelta.
- [5] David Bianco, Lucia Mannini e Anna Mazzanti, "La Grande Storia dell'Arte nell'Ottocento", volume 7, editore "Il sole 24 ore", 2005.
- [6] <http://www.cultorweb.com/ColSt/CS2.html>
- [7] Pigments through the Ages, <http://www.webexhibits.org/pigments/intro/industrialization.html>
- [8] La tavolozza svelata di Francesco Hayez  
<http://www.lombardiabeniculturali.it/blog/percorsi/la-tavolozza-svelata-di-francesco-ha>
- [9] Descrivendo il Bacio di Hayez; Pinacoteca di Brera; 4.10.2018
- [10] Gillo Dorflès, Cristina Costa, Gabrio Pieranti; Civiltà d'arte 2: dal Quattrocento all'impressionismo (edizione arancione); 2015
- [11] Fonti pigmenti cfr: AA.VV., L'Odalisca di Francesco Hayez, Tecnica pittorica e restauro, Tecniche di restauro, Kermes, 1991
- [12] Fonti Biacca <http://www.summagallicana.it/lessico/b/biacca.htm>
- [13] Fonti Biacca <https://www.chimica-online.it/materiali/pigmenti/biacca.htm>
- [14] Fonti Biacca <https://www.vitantica.net/2019/10/04/biacca-cerussa-bianco-di-piombo/>
- [15] [http://lem.ch.unito.it/didattica/infochimica/2010\\_Pigmenti/blu\\_prussia.html](http://lem.ch.unito.it/didattica/infochimica/2010_Pigmenti/blu_prussia.html), Blu di Prussia
- [16] [https://www.dahliastudio.com/dahlia-studios-journal/pigmenti-di-sintesi\\_-\\_blu-di-prussia](https://www.dahliastudio.com/dahlia-studios-journal/pigmenti-di-sintesi_-_blu-di-prussia), pigmenti di sintesi blu di Prussia
- [17] <http://www.lombardiabeniculturali.it/blog/percorsi/la-tavolozza-svelata-di-francesco-hayez/>, la tavolozza svelata di Francesco Hayez
- [18] <http://www.fiacca.it/hokusai/>, l'onda di Hokusai e il blu della vita
- [19] <http://www.giallolimoni.com/colorama/il-colore-blucolorama/>, Il colore blu|colorama



# Le dodici pietre del Pettorale del Giudizio: lo Zaffiro

Pasquale Fetto  
pasquale.fetto@didichim.org

## **Riassunto**

*L'affascinante argomento riguardante il Pettorale del Giudizio e le gemme che lo ornavano viene studiato seguendo le linee adottate negli articoli precedenti. Anche per lo Zaffiro le parti storiche e mitologiche coinvolgono maggiormente la lettura. Mi auguro che dalla curiosità nasca lo stimolo coinvolgente della conoscenza e dell'approfondimento degli aspetti chimici e geologici.*

**Parole chiave:** zaffiro, alluminio, triossido di alluminio, corindone.

## **Abstract**

*The fascinating subject concerning the Breastplate of Judgment and the gems that adorned it, is studied following the lines adopted in the previous articles. Also for the Sapphire historical and mythological parts involve more reading. I hope that the engaging stimulus of knowledge and in-depth analysis of the chemical and geological aspects comes from curiosity.*

**Keywords:** sapphire, aluminum, aluminium trioxide, corundum.

## **Premessa**

Lo zaffiro è una varietà di corindone, chimicamente triossido di alluminio  $\text{Al}_2\text{O}_3$  con *caratteristiche allocromatiche*<sup>1</sup> per la presenza di tracce di elementi quali cromo, ferro e titanio.

Al pari di tutte le gemme più conosciute, lo *Zaffiro Blu* è presente sia nei racconti religiosi che mitologici. Se il termine zaffiro non è seguito da alcun aggettivo indica esclusivamente lo zaffiro blu.

Il corindone cristallizza nel sistema trigonale assumendo diversi abiti cristallini, a seconda delle sue varietà. Lo zaffiro si trova comunemente in natura nella forma prismatica, bipiramidale con base esagonale.

Lo Zaffiro, grazie alla sua popolarità appartiene alle “*grandi quattro*” pietre preziose del mondo, insieme al Diamante, allo Smeraldo e al Rubino.

---

1. Allocromatici sono dei minerali il cui colore può variare in quanto la loro struttura chimica incorpora degli **elementi “cromofori”**, elementi capaci di conferire colorazione ad una sostanza **senza alterarne la composizione chimica**. Il corindone puro è trasparente.





Zaffiro grezzo



Zaffiro naturale sfaccettato

### Significato e origine del nome

Il nome zaffiro, secondo alcuni studiosi deriva dal greco *sappheiros* (blu). Altre fonti lo fanno derivare dall'ebraico *sappir* (la cosa più bella) o dal sanscrito *sanipriya* termine usato per descrivere una pietra preziosa scura, etimologicamente significa *sacra a Saturno*. Questa etimologia sarebbe avvalorata dal fatto che, nelle credenze astrologiche indiane, lo Zaffiro è considerato, ancora oggi, la gemma, del pianeta Saturno.

La varietà più pregiata viene chiamata *padparadscha*, termine che deriva dal sanscrito *padma* (loto) e *raga* (colore); la varietà ha delle sfumature tra l'arancio e il rosa simili al colore del fiore di loto (bot. *Nelumbo nucifera speciosa*).

Il nome greco è derivato da un termine semitico testimoniato nelle tavolette cuneiformi accadiche del 2500 a.C. Il termine **sapāru** vuol dire *splendere* ed è messo in collegamento con l'ebraico biblico **šefirā** = *ornamento*.

In passato, *sappheiros*, era solitamente riferito al **Lapislazzuli** piuttosto che al Corindone Blu, mentre nell'antica Grecia il moderno zaffiro veniva probabilmente designato come *hyakinthos* (giacinto).

Per l'antico popolo dei **Persiani** lo zaffiro era detto "*lazvard*", letteralmente "*che ha il colore del cielo sereno*". I persiani ritenevano che la terra fosse poggiata su un enorme Zaffiro il cui riflesso blu dava il colore al cielo, per questo motivo chiamavano la pietra anche "**l'occhio del cielo**".

Lo zaffiro di **Plinio** non corrisponde alla pietra che noi conosciamo; alcuni scrittori hanno creduto di trovarlo sotto il nome di *berillo aeroide*. [1] Senza dubbio lo zaffiro era la pietra che Plinio chiamò **diamante di Cyprus** del quale dice che il colore era quello dell'aria.

### La storia tra mitologia e leggende

Lo zaffiro ha ispirato da sempre sentimenti e pensieri di purezza e perfezione. Secondo la **mitologia greca** la gemma è associata alle nascite del mese di settembre.

La leggenda vuole che lo zaffiro fu portato sulla terra per la prima volta da **Prometeo**. Si racconta che Prometeo, nella stessa occasione in cui “prese in prestito” il fuoco, si impossessò anche di uno Zaffiro Blu.

Lo zaffiro **gemma sacra al dio Saturno**, rappresentava anche la magia, l'amicizia e la fiducia. Questa pietra fu a lungo considerata anche il **crystallo sacro al dio Apollo**; era usata durante le divinazioni, per ottenere profezie chiare e precise da fonti soprannaturali; inoltre la **dedicarono a Zeus** a cui la offrivano per ottenere oracoli.

I seguaci di **Zarathushtra** (profeta mistico iranico) consideravano lo zaffiro come pietra del vero e della veggenza; il veggente era in grado di entrare nello stato di trance fissando le due gemme, incastonate in una palla d'oro legata ad una cinghia di cuoio che veniva fatta roteare.

**Nell'antico Egitto** lo zaffiro era collegato a **Maat** dea dell'armonia, della legge, dell'equilibrio, della verità e della moralità. Simboleggiava la giustizia e riusciva a ricevere il messaggio divino; i **Giudici** lo portavano al petto per essere certi di non commettere errori nelle loro sentenze.

Per gli **Ebrei** è una pietra utilizzata per le profezie e sviluppa la sapienza.

Lo Zaffiro è citato in molti punti delle **Sacre Scritture**.

In (Esodo 24:10), *il trono di Dio è lastricato di Zaffiri Blu di purezza celestiale*.

Lo Zaffiro Blu è una delle dodici “**pietre di fuoco**” (Ezechiele 28:13-16) incastonate nel Pettorale del giudizio (Esodo 28:15-30).

In (Rivelazioni 21:19) lo zaffiro è la seconda delle dodici gemme poste nelle fondamenta delle mura della città di Gerusalemme.

La Bibbia (Isaia, 54-11) *Afflitta, percossa dal turbine, sconsolata, ecco io pongo sulla malachite le tue pietre e sugli zaffiri le tue fondamenta*.

Questa pietra è anche collegata all'Apostolo Paolo.

Nella Bibbia, il colore incantevole degli Zaffiri fu usato figurativamente per descrivere le visioni della gloria di Dio: “sotto i piedi di Geova (Dio) c'era ciò che sembrava come un'opera di lastre di Zaffiro e per purezza come i cieli medesimi”. Lo Zaffiro, per il suo colore fu collegato al **concetto d'infinità dell'universo**.

Nelle visioni della gloria di Dio, **Ezechiele** vide due volte “*la somiglianza di un trono*” che era “*simile alla pietra di Zaffiro*”.

Lo zaffiro, **associato alla tribù di Dan**<sup>1</sup>, è la *seconda pietra della seconda fila del Pettorale del Giudizio*.

Si narra che il Re **Salomone** corteggiasse la regina di Saba facendole omaggio di Zaffiri provenienti da ghiaie site nei dintorni della città di Ratnapura (*città delle gemme*) nella parte sud dello Sri Lanka<sup>2</sup>. Con lo zaffiro

1. Dan era il quinto figlio che Giacobbe ebbe da Bila, ancella di Rachele.

2. <http://www.juwelo.it/zaffiro/>

era stato realizzato anche il famoso anello del Re Salomone sul quale era intagliato il sigillo che gli permetteva di controllare i demoni.

**Dante** nel *Purgatorio*, Canto I, v. 13, nomina lo zaffiro paragonando alla pietra preziosa il colore del cielo: "*Dolce color d'oriental zaffiro....*".

La tradizione magica divide la famiglia degli zaffiri in due generi: *maschio, azzurro cielo* e *femmina, azzurro mare* con diversa potenza talismanica.

### **Il simbolismo degli zaffiri**

Lo Zaffiro è anche legato all'**Apostolo San Paolo** e a **Sant'Andrea** in quanto ne rappresentava la divina forza spirituale. **Andrea vescovo di Cesarea** paragonava San Paolo ad uno zaffiro riferendosi al colore del terzo cielo raggiunto appunto da San Paolo<sup>3</sup>. La leggenda dice che San Giorgio quando sconfisse il drago indossasse una corazza di zaffiro.

Gli **Indiani** un popolo che molto spesso alla cultura abbina la leggenda: nella Ratna Pariska<sup>4</sup> a proposito dello zaffiro si legge: "*...là dove le singalesi agitano dolcemente con la punta delle loro dita gli steli dei giovani fiori di iris, caddero i due occhi di Daija di un profondo color azzurro, di uno splendore che era simile a quello di un loto fiorito. Per questa ragione la terra che si stende ai bordi dei ruscelli, con una interrotta linea di foreste di plumerie in fiore, abbonda di sontuosi zaffiri che sono la sua gloria.*"

Lo zaffiro è considerata la pietra più spirituale tra tutte le pietre blu. Il suo significato è la beatitudine celeste, non a caso nella Bibbia il trono celeste è lo zaffiro.

Il significato spirituale che la religione cattolica ha dato allo zaffiro, fin dalle origini, è legato al **colore del mantello della Madonna**.

L'importanza religiosa è presente anche nel buddismo che lo indica come la pietra della preghiera e dell'elevazione dello spirito.

Si credeva che lo zaffiro aiutasse a prevenire le controversie e desse al suo possessore la vita eterna.

I buddisti credono che questa pietra sia in grado di aprire le porte chiuse e l'habitat dello spirito umano.

Nel passato, lo zaffiro era considerato un talismano che proteggeva dagli spiriti del male e da altre sgradevoli creature della notte.

Nel Medioevo, lo zaffiro era chiamato **pietra del vescovo**. Secondo la leggenda era uno dei simboli dei valori spirituali più elevati degli uomini.

---

3. La letteratura ebraica del periodo del Nuovo Testamento a volte divideva il cielo in cinque, sette o dieci parti. Ma il riferimento al paradiso sembra escludere queste divisioni. Infatti, anche la divisione del cielo in sette sfere chiama l'ultima parte del cielo "paradiso", confermando che Paolo arrivò fino in fondo in cielo, anche se per lui era solo la terza (e ultima) parte.

4. Ratna Pariskaun è l'antica scienza sulla sperimentazione delle pietre preziose.

Era considerato una delle pietre della saggezza, della potenza e della lealtà, che rafforza i diritti della ragione e raffredda la passione.

Lo zaffiro è anche simbolo di fede e protegge dal tradimento chi lo indossa. Secondo fonti storiche, alcuni governanti del passato portavano anelli con zaffiro.

Si ritiene che lo zaffiro, per il suo valore spirituale, sia un talismano in grado di respingere le disgrazie; sembrerebbe che questa credenza spinse **Carlo Magno** a sceglierlo per il suo ciondolo d'oro contenente un pezzo della vera Croce di Cristo<sup>5</sup>.

Per il suo significato di purezza e fedeltà, lo zaffiro è adatto ad una persona fedele ed è per questo che viene scelto come anello di fidanzamento.

La santa **Abbes Hildegard von Bingen** riteneva anche che ogni pietra fosse, in qualche modo, benedetta da Dio. A proposito dello zaffiro disse:

*"Chi è stupido e vuole diventare intelligente, dovrebbe, in stato di lucidità, leccare frequentemente uno zaffiro, in modo che il calore ed il potere della pietra, combinati con la saliva, respingano i fluidi che influenzano negativamente l'intelletto. Così facendo, l'uomo raggiungerebbe un buon grado d'intelligenza".*

Lo zaffiro era una delle pietre predilette sia dai negromanti che dalle streghe perché questo minerale amplificava la loro capacità di ascoltare gli oracoli dei defunti e compiere altri prodigi.

Gli arabi sostengono che lo **zaffiro stellato** abbia anche la proprietà di mantenere caste e virtuose le donne. Gli antichi guardavano allo zaffiro stellato come ad un talismano che proteggeva i viaggiatori ed i ricercatori. Queste pietre particolari erano ritenute così potenti da continuare a proteggere chi le indossava anche dopo che quest'ultimo l'aveva donate a qualcun altro. (Appendice)

## I giacimenti

Il corindone incolore è raro in quanto quasi sempre presenta leggere sfumature di colore.

La maggior parte degli zaffiri incolore usati in gioielleria sono sintetici.

Anche lo zaffiro color porpora è raro e viene estratto in Sri Lanka e in Tanzania.

Inclusioni di ferro e titanio insieme possono causare i riflessi color porpora della pietra. Gli zaffiri gialli sono piuttosto pallidi, il colore giallo è dato da tracce di ferro. Il processo di riscaldamento può intensificare il colore e gli zaffiri trattati al berillio possono risultare di un giallo brillante. Queste pietre si trovano in Sri Lanka, in Thailandia, in Australia, in Tanzania e in Madagascar.

---

5. Il ciondolo è conservato nella cattedrale di Reims (Francia).

La più antica miniera da cui si estraeva lo zaffiro blu sembrerebbe essere, secondo le fonti classiche, l'isola di Ceylon, ora Sri Lanka; si ritiene che le miniere dalle quali provenivano gli zaffiri fossero attive dal 480 a.C.

Una antica fiaba persiana racconta che **Giafar** re di **Serendippo** (antico nome di Ceylon ora Sri Lanka) mandò i suoi tre figli in viaggio fuori dal suo regno affinché potessero conoscere per esperienza diretta i diversi costumi e i modi di fare di molte nazioni che già conoscevano per averli studiati sui libri o appresi dai precettori. Durante il loro viaggio i tre fecero diverse scoperte di cose che non stavano cercando e fu per caso che i tre giovani Principi scoprirono cose meravigliose, tra queste **una miniera di zaffiri**. Da questa leggenda nasce l'origine del concetto inglese di “**Serendipity**” ossia *la fortuna strepitosa nel trovare inaspettatamente cose di valore mentre si sta volgendo l'attenzione a tutt'altro*.

**Taprobana** era il nome (in greco antico *Ταπροβανᾶ*) o **Taprobane** (*Ταπροβανῆ*) con cui gli antichi greci conoscevano l'isola di Ceylon.

Uno dei primi autori greci a parlare dell'isola di Taprobana fu, nel 290 a.C., il mercante ed esploratore **Megastene**, il quale scrisse che l'isola era divisa da un fiume e che vi erano molte più perle di grosse dimensioni e oro che in India.

Successivamente venne descritta anche da **Eratostene** (276-194 a.C. ca.) e da **Strabone** (60 a.C.-24 d.C. ca.).

I monti dell'isola di Ceylon sono formati da rocce cristalline *precambriche*<sup>1</sup> strettamente affini a quelle del grande massiccio dell'India del quale l'isola ne faceva parte in origine. Queste rocce antiche hanno rivestito grande importanza per gli zaffiri, rubini, topazi, berilli e le altre pietre preziose che si ricavano dalle centinaia di piccole cave “*tasche di disfacimento*” della roccia e dalle alluvioni depositate lungo i fianchi occidentali del massiccio montuoso.

Gli zaffiri, oltre che da Ceylon e dalla città di Mogok (Birmania), provenivano anche dalle miniere australiane, cambogiane, cinesi, keniane, laotiane, malgascse, nigeriane, tanzaniane, thailandesi, vietnamite e americane (Stato del Montana) .

La produzione australiana ha rappresentato circa il 70% della produzione mondiale pur essendo considerata di discreta qualità in quanto gli zaffiri si presentano troppo scuri o troppo verdi; questa è stata la ragione per cui ebbero il sopravvento gli zaffiri del Madagascar che rappresentano oggi circa il 20% degli zaffiri commerciati nel mondo.

---

1. pre-cambriaco il lunghissimo periodo che va dalla formazione della crosta solida del globo terrestre all'inizio del paleozoico, a cui appartengono le formazioni sottostanti il cambriano, prevalentemente di natura intrusiva e metamorfica ma, negli strati più recenti, costituite anche di rocce sedimentarie, talora fossilifere.

Gli Zaffiri Blu del Madagascar hanno influito positivamente sulla scelta da parte degli addetti ai lavori nei confronti di questo Paese. Si racconta che gli Zaffiri più belli al mondo furono estratti nel 1881 nel Kashmir, in India, in un giacimento che già nel 1930 era esaurito. Gli Zaffiri del Kashmir, che occasionalmente rientrano sul mercato sotto forma di antichi gioielli o gemme da collezione, si fanno notare per la qualità delicatamente setosa che conferisce loro un delicato colore blu vellutato, con minori zone di oscurità in una gemma vista dalla faccia superiore.

### Virtù terapeutice

Nei tempi antichi agli zaffiri erano attribuite molte proprietà curative.

Poteva aiutare le persone affette da malattie cardiovascolari, curava varie malattie della pelle e della spina dorsale.

Era utile nella cura dei reumatismi, del diabete e della perdita del sangue.

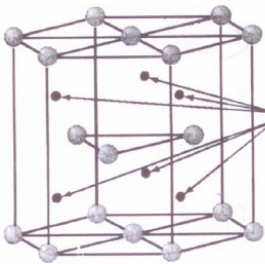
Curava l'insonnia, ed aiutava a superare le reazioni allergiche ed aveva effetto calmante.

Si riteneva che lo Zaffiro Blu potesse donare pace e serenità a coloro che lo indossavano.

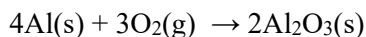
### La chimica dello Zaffiro

Lo zaffiro è una varietà di corindone, chimicamente è **triossido di alluminio** ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) fortemente allocromatico (v.colore dei minerali) ed è l'unica sostanza naturale di durezza 9 nella Scala di Mohs.

Nel corindone gli ioni  $\text{O}^{2-}$  occupano le posizioni della cella esagonale compatta. Data la disparità delle cariche, e dato che l'alluminio occupa le posizioni ottaedriche, solo 2/3 delle posizioni ottaedriche sono occupate; ciò genera una distorsione del reticolo (disposizione non simmetrica). [2]

<b>Zaffiro Blu (<math>\text{Al}_2\text{O}_3</math>) – triossido di alluminio</b>	<b>Proprietà fisiche e chimiche</b>
<p><b>configurazione elettronica:</b> <math>1s^2 2s^2 2p^5</math></p> <p><b>struttura cristallina del corindone:</b> esagonale compatta</p>  <p>posizioni ottaedriche occupate per 2/3 da <math>\text{Al}^{3+}</math></p> <p>Cella unitaria di un reticolo esagonale compatto</p>	<p><b>massa molecolare:</b> 101,94 g/mol</p> <p><b>aspetto:</b> solido bianco</p> <p><b>durezza:</b> 9</p> <p><b>densità:</b> 3,94 g/cm<sup>3</sup> (20°C)</p> <p><b>solubilità in acqua:</b> ~ 0,001 g/l (20°C)</p> <p><b>temperatura di fusione:</b> 2.050 °C</p> <p><b>temperatura di ebollizione:</b> 2.980 °C</p>

Il triossido di alluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) può essere preparato per reazione diretta degli elementi secondo la reazione:



L'ossigeno a disposizione per la reazione è in eccesso (1.1) rispetto a quello necessario per far reagire tutte le moli di Al (1.3); quindi l'alluminio è il **reagente limitante**.

La forma più stabile di  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\alpha$ -allumina, è un materiale durissimo e refrattario. Nella forma minerale è nota come corindone e, fra le pietre preziose, come zaffiro; la colorazione azzurra di quest'ultimo si deve ad una transizione di trasferimento di carica dall'impurezza  $\text{Fe}^{2+}$  a quella  $\text{Ti}^{4+}$ .

Il termine zaffiro identifica la varietà blu-azzurra del corindone, ma la stessa denominazione, zaffiro unitamente ad un aggettivo, viene frequentemente utilizzata, per identificare qualunque sua colorazione diversa da quella rossa che è specifica della varietà rubino.

Una volta i corindoni colorati prendevano il nome di altre pietre, seguito dal suffisso "orientale" (ad esempio i termini ametista orientale e smeraldo orientale sono oggi identificati con i nomi di zaffiro viola e zaffiro verde).

In questi minerali, la colorazione può essere determinata da più fattori:

- presenza dei medesimi **elementi cromofori** nella struttura dei minerali, come ioni estranei.
- presenza di difetti strutturali nel reticolo (centri di colore)
- presenza di inclusioni di altri minerali colorati

### La chimica dell'alluminio

L'alluminio è abbondante in natura e dopo l'ossigeno ed il silicio è il componente più importante della litosfera. La **bauxite**, roccia sedimentaria, è la principale fonte per la produzione dell'alluminio.

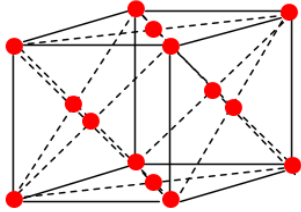
Fu identificato per la prima volta da Humphry Davy<sup>3</sup>, nell'allume  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ , non riuscendo ad isolarlo, propose di chiamarlo **aluminium** (dal latino *alumen*, *alum*, **sale amaro**), poi modificato in aluminium e quindi in alluminio.

Ottenuto da Hans Christian Ørsted<sup>4</sup> nel 1825 partendo da un suo minerale.

3. Humphry Davy (1778 – 1829), chimico inglese molto conosciuto grazie ai suoi esperimenti sull'azione fisiologica di alcuni gas, tra cui l'ossido di diazoto (gas esilarante). Davy dimostrò che l'ossigeno non si poteva ottenere dal cloruro di idrogeno (HCl). Ricordiamo che Michael Faraday fu suo assistente continuando i suoi studi e le sue ricerche dopo la sua morte.

4. Hans Christian Ørsted (1777 – 1851) fisico e chimico danese ricordato per il suo apporto alla comprensione dell'elettromagnetismo. L'unità di misura del campo magnetico (sistema CGS) fu chiamata Ørsted in suo onore

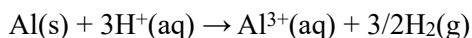
Il suo nome deriva dal latino *alumen* che indica l'allume, sostanza usata dai romani come mordente per i colori.

Alluminio (Al)	Proprietà fisiche e chimiche
<p>configurazione elettronica: <math>3s^23p^1</math>                      struttura cristallina: cubica a facce centrate</p> 	<p>numero atomico: 13                      peso atomico: 26,98 u                      densità: 2700 kg/m<sup>3</sup>                      durezza: 2,75                      punto di fusione: 933,47 K                      (660,32 °C)                      punto di ebollizione: 2792 K                      (2518,85 °C)                      volume molare: <math>9,99 \times 10^{-6}</math> m<sup>3</sup>/mol                      calore di fusione: 10,79 kJ/mol                      tensione di vapore: <math>2,42 \times 10^{-5}</math> Pa                      elettronegatività: 1,61                      calore specifico: 896,9 J/(kg·K)</p>

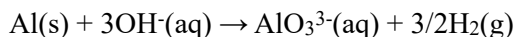
L'alluminio è un metallo bianco argenteo, lucente, duttile, malleabile e assai leggero. Ottimo conduttore di calore e di elettricità, resistente all'acqua e all'umidità. Questa proprietà è molto importante e non dipende dalla sua inerzia chimica in quanto l'alluminio ha un elevato potenziale di riduzione. Sulla superficie si forma una sottile patina di ossido, *passivazione*<sup>5</sup>, che preserva il metallo da un attacco in profondità sia dell'aria che dell'acqua.

L'alluminio resiste bene all'acido solforico e a freddo non si scioglie in acido nitrico che ne provoca la passivazione.

Si scioglie in HCl con sviluppo di idrogeno:



viene attaccato dagli alcali caustici in cui si discioglie con formazione di alluminato (sale dell'acido  $\text{H}_3\text{AlO}_3$  e sviluppo di idrogeno.



### Utilizzo

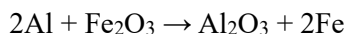
L'alluminio è uno dei metalli più impiegati industrialmente, dopo il ferro, soprattutto per la sua leggerezza, l'elevata conducibilità termica ed elettrica, l'ottima plasticità e la grande resistenza alla corrosione.

- L'alluminio **puro** viene usato in elettrotecnica per la fabbricazione dei conduttori elettrici.

- Nel primo conflitto mondiale fu utilizzato dall'industria bellica per produrre un esplosivo noto come Ammonal.



- Nel processo di alluminotermia consente di preparare metalli puri (Fe, Cr, Mn, W, ecc.) partendo dai loro ossidi. In questo processo la temperatura raggiunge valori molto alti (2800 °C). Il metallo ridotto, viene raccolto allo stato fuso sul fondo del recipiente.



- Anche in questo caso, purtroppo, l'industria bellica, nella seconda guerra mondiale, approfittò delle potenzialità insite in questo processo utilizzando la miscela di Al e Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> come miscela incendiaria con il nome di "Termite".

### Minerali e Composti dell'alluminio

I principali minerali dell'alluminio sono la *bauxite* (contiene metaidrossido d'alluminio AlO(OH) e ortoidrossido Al(OH)<sub>3</sub>), la *criolite* (Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub> fluoruro di sodio e di alluminio). Altri composti interessanti sono: *allumina* (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) e *diacetato basico di alluminio* (Al(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>OH). (Figura 1)



Bauxite



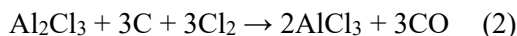
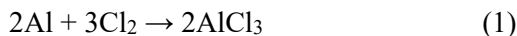
Criolite



Allumina

**Figura 1**

Il **tricloruro di alluminio** è il più importante degli alogenuri di alluminio; è un solido bianco igroscopico che fuma all'aria, fortemente idrolizzato in soluzione acquosa dove libera HCl. Si ottiene industrialmente per sintesi diretta partendo dai suoi elementi, alluminio e cloro, o per reazione tra allumina, cloro e carbonio a circa 800 °C:

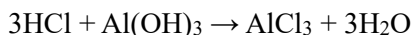


Teoricamente potrebbe essere prodotto diversamente ma i metodi sono tali da non essere utilizzati dall'industria in quanto non favorevoli economicamente. Di seguito sono riportate le sintesi non industriali:

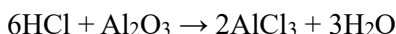
---

5. La passivazione è un processo che consiste nel ricoprire il metallo con uno strato di ossido facendolo funzionare, in una cella elettrolitica, da anodo. Nell'alluminio questo processo avviene spontaneamente

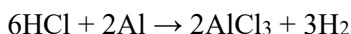
1) Reazione tra l'acido cloridrico e la base (idrossido di alluminio):



2) Reazione tra l'acido cloridrico e l'ossido di alluminio:



3) Si fa reagire l'acido cloridrico con il metallo stesso, in questo caso l'alluminio:



Il tricloruro è il sale d'alluminio dell'acido cloridrico. Può essere anidro ( $\text{AlCl}_3$ ) o esaidrato ( $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ).

L'**idrossido di alluminio**  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , esiste in varie forme cristalline (idrargillite, bayerite ecc.) oltreché sotto forma di gel amorfo. È una base molto debole, per cui tutti i sali di alluminio sono idrolizzati in soluzione acquosa; dato il suo carattere anfotero è solubile sia negli acidi (dando sali) sia nelle basi (dando alluminati), formando tutta una serie di ioni complessi (generalmente esacoordinati) con ioni  $\text{OH}^-$  e molecole  $\text{H}_2\text{O}$ .

L'**acetato di alluminio**  $\text{Al}(\text{CH}_3\text{COO})_3$ , si può ottenere disciogliendo l'alluminio in miscela acido acetico-anidride acetica; è utilizzato, come gelatinizzante di oli lubrificanti e come mordente nella tintura con coloranti del tipo dell'alizarina.

Il **solfato di alluminio**  $[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3]$  esiste in natura come idrato e sotto forma di solfati doppi; è un sale molto solubile in acqua dove è fortemente idrolizzato. Si ottiene industrialmente facendo reagire l'acido solforico a caldo con bauxiti povere di ferro o idrossido di alluminio; viene utilizzato nella depurazione delle acque, come decolorante in varie industrie, come mordente in tintoria e nell'industria della carta.

### Utilizzo

Il principale utilizzo del tricloruro di alluminio è come catalizzatore in diverse reazioni.

L'acetato basico di alluminio usato come antisettico, astringente, mordente per tintoria e gelatinizzante di oli lubrificanti.

Fosfato di alluminio come fondente per ceramiche e refrattari.

Solfato di alluminio idrato come agente flocculante nel trattamento delle acque.

### Sicurezza

Il prodotto anidro è una polvere gialla corrosiva e dall'odore irritante che in presenza di acqua subisce idrolisi liberando acido cloridrico. Per la sua capacità corrosiva, **si ha l'obbligo di indossare guanti e occhiali protettivi.**

## Bibliografia

[1] Corsi Faustino. *Delle pietre antiche Libri quattro*. Roma 1833, Parte IV, Specie II pp. 271-272. Tipografia Salviucci e Figlio. Digitalizzato da Google.

[2] Antonio Licciulli Scienza e tecnologia dei materiali Struttura del corindone ( $\alpha - \text{Al}_2\text{O}_3$ ) [http://www.antonio.licciulli.unisalento.it/didattica%20brindisi/strutture\\_cristalline.pdf](http://www.antonio.licciulli.unisalento.it/didattica%20brindisi/strutture_cristalline.pdf)

## Sitologia

<http://www.minerali.it/articolo-scientifico/Etimologia-dei-termini-gemmologici/Scienza-e-Curiosita/e27258df-9a13-43ee-bfa5-76694b7acd09/Il-termin-zaffiro-.aspx>

<https://www.lettere.uniroma1.it/sites/default/files/1072/Corindone%20%281%29.pdf>

## APPENDICE

Il termine zaffiro (privo di altri aggettivi) identifica la varietà blu-azzurra del corindone, ma la stessa denominazione viene frequentemente utilizzata, unitamente a un aggettivo, per identificare qualunque sua colorazione diversa da quella blu (ad esempio la varietà **rubino**). Gli zaffiri possono possedere infatti i colori più diversi, dal rosa all'arancio, al porpora, al verde, al giallo fino al bianco incolore.

Una volta i corindoni colorati prendevano il nome di altre pietre, seguito dal suffisso "orientale" (ad esempio i termini ametista orientale e smeraldo orientale sono oggi identificati con i nomi di zaffiro viola e zaffiro verde). Altre varietà sono quella arancione, chiamata *padparadscha*, la più preziosa varietà di corindone, l'*armofane* di colore grigio opaco e lo zaffiro incolore conosciuto come *leucozaffiro*.



*Padparadscha*



*Armofane*



*Leucozaffiro*

Agli inizi del 900 vennero scoperte tecniche di sintesi del corindone. Il chimico francese Auguste Verneuil brevettò nel 1902 il metodo di “*fusione alla fiamma*”, usato ancora oggi. Per identificare un corindone di origine sintetica è essenziale l’osservazione delle inclusioni interne alla pietra mediante un microscopio, e stabilire se sono di origine naturale o meno, e che tipo di trattamento ha subito la gemma.

La varietà rappresentata dallo **Zaffiro Stellato** o **Asteria**. L'“Asterismo” o “effetto stella” viene causato da inclusioni aghiformi, così da formare una stella sulla superficie della gemma. Chiamati anche “seta”, queste inclusioni di rutile sono ancora più evidenti su un buon taglio, dove dovrebbero apparire come dei raggi equidistanti e dritti. Stelle con sei raggi sono nella norma, ma possono trovarsi in commercio anche stelle con ben dodici raggi.

### **LA LEGGENDA DELLO ZAFFIRO STELLATO**

**Phiresta.**

*Era un azzurro principe ed era figlio del Sole,  
e sempre ne seguiva il carro immerso nel blu e nella luce.*

*Ma nei suoi sogni vedeva una stella;  
brillava nel buio e al chiaror della luna,  
e sognando se ne innamorava,  
e da sveglio sempre a lei pensava.*

**Arsapphi.**

*E' una piccola stella che brilla con mille sorelle nel buio o al chiaror della luna.*

*Ma nei suoi sogni vedeva  
un principe sul carro di un sole  
immerso nel blu e nella luce  
e sognando se ne innamorava  
e da sveglia sempre a lei pensava.*

**Gudistar.**

*Era un dio bonario  
che orbitava i soli e i pianeti,  
e un giorno organizza un'eclissi  
e il blu cielo è trapunto di stelle  
e Phiresta si abbraccia ad Arsapphi  
e la terra ne ospita i figli.*

**Star Sapphires.**

*E' il nome dei figli  
di una stella e di un raggio di sole  
e la pietra blu cielo si accende  
di una stella che brilla sol quando  
è baciata da un raggio di luce.*



Zaffiro stellato



**“Coronavirus safety” sito internet di Assosistem Safety**

Assosistema Safety rappresenta in Confindustria il settore della produzione e distribuzione dei dispositivi di protezione individuale (DPI) e collettivi ed ha creato un'apposita sezione nel proprio sito internet denominata "coronavirus safety". I DPI sono attrezzature destinate ad essere indossate e tenute dal lavoratore allo scopo di proteggerlo contro uno o più rischi suscettibili di minacciarne la sicurezza o la salute durante il lavoro, nonché ogni complemento o accessorio destinato allo stesso scopo. Il Regolamento Europeo stabilisce le condizioni di immissione sul mercato, nonché i requisiti che i DPI devono osservare per preservare la salute e garantire la incolumità degli utilizzatori. Fra i DPI i più popolari in questi tempi sono certamente le maschere di protezione respiratoria. Ne esistono di diversi tipi: i respiratori a filtro denominati antipolvere per proteggere dal materiale in sospensione; le semimaschere filtranti che coprono naso, bocca e mento per proteggerci da aerosol sia solidi che liquidi. Il Comitato Europeo di Normazione ha stabilito i requisiti minimi per i facciali filtranti. Se tali requisiti sono rigorosamente rispettati è da ritenersi che i DPI siano idonei anche per la protezione da agenti biologici aerodispersi, come riconosciuto da molte Autorità in materia; dal Ministero della Salute all'ISPESL, dall'Organizzazione Mondiale della Sanità all'Istituto Nazionale Americano per la Sicurezza e Salute dei lavoratori. E' doveroso distinguere le maschere di protezione respiratoria dalle mascherine chirurgiche. Queste ultime sono dispositivi medici e nascono con lo scopo di proteggere il paziente in situazioni specifiche (es: sala operatoria) e non il personale sanitario, dal momento che non consentono una tenuta sul volto ed uno specifico sistema filtrante per aerosol solidi e liquidi a differenza dei DPI; anch'esse devono rispondere a norme europee armonizzate per garantire il paziente da ciò che viene espirato da chi le indossa, garanzia che manca assolutamente per il personale sanitario che solo può essere protetto attraverso l'uso dei DPI. La raccomandazione generale sempre valida riguarda il rispetto delle istruzioni quando questi dispositivi vengono indossati, senza il quale anche il più sofisticato non garantisce protezione.

**Luigi Campanella**



## Poesia e Scienza

Pasquale Fetto

pasquale.fetto@didichim.org

*...non nascondo la speranza che qualche altro chimico-poeta, innamorato della sua disciplina al punto di metterla in versi, venga allo scoperto.*

Leggendo a ritroso i fascicoli della nostra rivista ho pensato che l'argomento che mi accingevo a trattare non potesse avere migliore introduzione della frase con la quale il professor Ermanno Niccoli chiudeva, nell'aprile del 2000, la presentazione (di seguito riportata) della rubrica "Chimica e Poesia".

*Quando mi sono occupato della scoperta e dell'invenzione in campo chimico, ossia di quel processo che i pedagogisti chiamano pensiero divergente ma che più semplicemente si può chiamare intuizione, mi resi conto che non vi era sostanziale differenza tra creatività artistica e creatività scientifica. Mi colpì in particolare la vicinanza di due affermazioni che provenivano da soggetti molto diversi. Afferma Cesare Pavese a proposito della creatività del poeta: "...quello che ha in mente è quasi sempre un ritmo indistinto, un gioco di eventi che, più che altro, sono sensazioni e atmosfere. Il suo compito sta nell'afferrare e costruire questi eventi secondo un ritmo intellettuale che li trasformi in simboli di realtà...". Afferma Albert Einstein a proposito della creatività scientifica: "...Le entità psichiche che sembrano servire da elementi del pensiero sono piuttosto alcuni segni e immagini più o meno chiare che possono essere riprodotti e combinati volontariamente...È anche chiaro come alla base del gioco piuttosto vago di tali elementi si trovi il desiderio di arrivare infine a concetti logicamente connessi tra loro...". Evidentemente stanno parlando della stessa cosa, l'introspezione porta il poeta e lo scienziato sullo stesso terreno. Nelle mie divagazioni sul tema avevo pensato che se la stessa persona, oltre ad essere scienziato, fosse stato anche poeta quegli elementi rappresentativi, interiori apparentemente eterogenei potevano anche interagire con esiti sorprendenti. Quando ho letto i "versi chimici" di Roberto Soldà, scrive anche delle poesie "serie", ho capito di avere intuito il giusto. Con queste due prime composizioni, Alchimia e Footballene, la redazione ha il piacere di aprire questa nuova rubrica, un poco anomala, con l'intento di portare una ventata di fresca intellettualità nell'ambiente a volte un poco stantio della didattica chimica, essendo quest'ultima disciplina umanistica oltre che scientifica. La creatività di Roberto ci garantisce la sopravvivenza della rubrica,*



*ma non nascondo la speranza che qualche altro chimico-poeta, innamorato della sua disciplina al punto di metterla in versi, venga allo scoperto.*

La *poesia* e la *scienza* appartengono al grande universo della conoscenza. La conoscenza del mondo, sia per il poeta che per lo scienziato, è figlia dell'attenzione.

La poesia è "*scienza nutrita di stupore*". (Piero Bigongiari)

La poesia nasce dalla spinta dell'*ispirazione* che scaturisce da "*qualcosa*" che chiede al poeta di essere fissata e di essere messa a fuoco con le parole.

Il poeta, come lo scienziato, non decide chi e cosa lo ispira anche nel caso in cui si trova dinanzi a un soggetto o progetto di ricerca *commissionato*.

L'*imprevedibilità* della vera fonte di ispirazione assume un ruolo determinante. Allo stesso modo i fenomeni e la loro complessità chiamano lo scienziato ad una continua messa a fuoco con strumenti di analisi sofisticati.

Molti ritengono che esista una separazione netta tra la scienza e la poesia. Si ritiene che l'una non possa entrare nel campo dell'altra senza invaderlo.

Il **confine** è sia una zona di **esclusione** che una zona di **contatto** in cui possiamo scambiare alcuni aspetti della nostra differenza e ottenere qualcosa che a noi mancava.

La **scienza studia la natura per conoscerla più a fondo**.

La **tecnica**, a differenza della scienza, è **la capacità dell'uomo di agire sulla natura**.

**Scrivere è obbedire**<sup>1</sup>, l'obbedienza è il riconsegnare al mondo quello di cui ci parla. Il **vero obbediente** è colui che restituisce ciò che ascolta con una voce nuova.

## I Chimici e la Poesia

Il libro di poesie "*Ad ora incerta*" di **Primo Levi**, pubblicato nel 1984, è ritenuto dai più un capolavoro isolato all'interno della sua opera.

*La poesia è stata per Primo Levi un vero e proprio bisogno, anche se la sua vita è stata dedicata alla scienza più che alla letteratura e dominata da una memoria ineluttabile.* (Gina Lagorio)

La **poesia è un mezzo per studiare la natura, come fa la scienza**. Molti poeti e non solo, trovano il loro oggetto e la loro ispirazione nel mondo naturale. Il modo di agire di una composizione poetica è di per sé uno studio della natura, l'*arte* è l'interiorità della vita correlata all'esterno; la *poesia* è un mezzo per creare ordine e forma in una natura a volte selvaggia che l'evoluzione ci ha dato di esplorare.

**Ronald Hoffman** (Zoločiv, 18 luglio 1937) premio Nobel per la Chimica 1981 così espresse il proprio pensiero sulla poesia:

1. obbedire: dal latino unione del prefisso **ob-**=*dinnanzi* col verbo **audere**= *ascoltare*. Obbedire significa letteralmente *ascoltare chi sta dinnanzi o prestare ascolto*.

*È un peccato sia per gli scienziati che per i poeti, ma lascia molto spazio a quelli di noi che possono muoversi tra i due. Se uno può scrivere poesie sull'essere un boscaiolo, perché non sull'essere uno scienziato?*

Si ritiene, errando, che *gli scienziati hanno una visione più ampia del funzionamento della natura rispetto ai poeti.*

Le poesie di Ronald Hoffman non trattano solo di scienza e, in più occasioni, parlando delle sue poesie ha specificato che le poesie di argomento scientifico non le pone al primo posto rispetto alle altre perché: *la scienza è solo una parte della mia vita.*

In una intervista concessa al prof. Liberato Cardellini disse: *Non ho alcun problema facendo (o cercando di fare) sia scienza che poesia. Entrambe emergono dal mio tentativo di capire l'universo intorno a me, dal mio affetto personale di comunicare, insegnare ciò che ho imparato... [2]*

Così spiega le ragioni che lo spingono ad accogliere più poesie che si occupano di scienza:

*Scrivere, "il messaggio che abbandona", è diventato sempre più importante per me. Mi aspetto di pubblicare quattro libri per un pubblico generale o letterario nei prossimi anni. La scienza comprenderà in questi, ma solo come parte, una parte vitale, l'impresa rischiosa di essere umani.*

In verità fu avviato alla poesia per la prima volta alla Columbia University da Mark Van Doren<sup>2</sup> (1894 – 1972).

Ronald Hoffman iniziò a scrivere poesie intorno alla metà degli anni '70, ma fu nel 1984 che venne pubblicata, per la prima volta, una poesia. La sua produzione consta di due collezioni di poesie: *"The Metamict State"* pubblicata dalla University of Central Florida Press nel 1987; la seconda *"Gaps and Verges"*, *Literaturnaya Gazeta e studi sulla letteratura ebraica americana*. Ha scritto una commedia con Carl Djerassi dal titolo *"O<sub>2</sub> Oxygen"* sulla scoperta dell'ossigeno ma soprattutto su quello che significa essere uno scienziato e l'importanza del processo della scoperta nella scienza.

Nel corso degli anni non è venuto meno il suo interesse per la letteratura, in particolare la letteratura tedesca e russa.

Ha al suo attivo inoltre alcuni libri di divulgazione scientifica, anch'essi rivolti a lettori non specialisti.

**Roberto Soldà** (Musile di Piave (VE), 1942) laureatosi in Chimica all'Università di Padova, si è dedicato all'insegnamento di tale disciplina nella Scuola Media Superiore fino all'anno 2003. Autore di articoli relativi alla ricerca nella Didattica Chimica, ricerca che tuttora continua ad appassionarlo. Accanto alla passione per l'insegnamento e la didattica, ha sempre definisce *il bisogno di auto-realizzazione* di ogni persona. Ha tenuto alcune mostre personali e ha partecipato a diverse esposizioni collettive. [3,4,5,6]

2. Poeta e critico letterario statunitense che ebbe il suo apice negli anno '50.

coltivato l'amore per la poesia, la letteratura e la pittura, che gli ha permesso e seguita a permettergli di realizzare ciò che lo psicologo americano Maslow

Nell'ambito della poesia ha pubblicato: *Le stagioni del calicantus* (Campanotto editore, Udine 1986), *In cucurbita d'alambicco* (Campanotto Editore, Udine 2011), *Sempreverde d'alloro* (Edizioni Helicon, Arezzo 2014) e alcune poesie in riviste e antologie. Sia nell'ambito della pittura che in quello della poesia ha ottenuto alcuni premi e riconoscimenti.

### **Bibliografia**

[1] **Niccoli Ermanno**. Chimica e poesia. *CnS-La Chimica nella Scuola*. Anno XXII, **2**, Marzo - Aprile (2000), p. 51.

[2] Liberato **Cardellini**. Colloquio intervista con Richard Hoffmann, *CnS-La Chimica nella Scuola* (2017), **2**, pp. 47-55

[3] Roberto **Soldà**. Chimica e poesia. *CnS-La Chimica nella Scuola*. Anno XXIII, **5**, Novembre - Dicembre (2001), p.173

[4] Roberto **Soldà**. Chimica e poesia. *CnS-La Chimica nella Scuola*. Anno XXII, **5**, Novembre - Dicembre (2000), p. 142

[5] Roberto **Soldà**. Chimica e poesia. *CnS-La Chimica nella Scuola*. Anno XXII, **3**, Maggio - Giugno (2000), p. 87

[6] Vincenzo **Schettino**. Le decima musa. Poesia e scienza - Collana Libere carte, Editore: Firenze University Press (2016)

ROBERTO SOLDÀ

## **Sulla scia degli inseparabili**

PREFAZIONE DI LUIGI BRESSAN



EDIZIONI  COFINE

ISBN 978-88-98370-48-1

Editore: Cofine srl  
via Ludovico Pasini 47 int. 2  
00158 Roma  
poetidelparco.it  
(sezione "I nostri libri")  
confine@poetidelparco.it

## ***L'equilibrio***

Accadde tanto tempo fa  
ed ogni giorno accade.  
Ora anche i piccoli  
lettori di *Focus Junior* lo sanno.  
A determinare la massa  
di tutta la materia  
di tutti gli esseri viventi  
è stata ed è fondamentale  
la particella di Dio<sup>1</sup>.

Ma tu non chiederti  
cosa sia fondamentale  
per l'Amore.

Chiudi gli occhi  
lascia stare le domande  
e le inutili risposte.

Lievi forse  
meglio è con ali  
trasparenti come di farfalle  
lasciarsi andare.  
Se anche l'Amore  
fosse una costruzione  
allora fondamentale sarebbe  
non la sua massa  
ma il suo equilibrio<sup>2</sup>.

*1 Il bosone di Higgs, noto anche come particella di Dio e scoperto nel 2012 mediante il gigantesco acceleratore collisore LHC del CERN, è determinante per la massa di tutte le altre particelle costituenti la materia ed è fondamentale per la teoria del modello standard.*

*2 Per ogni costruzione (intesa come struttura naturale o artificiale) è molto importante la massa, ma la caratteristica fondamentale non è la sua massa, bensì il suo equilibrio.*

**Poesie inedite**

**Velocità istantanea\***

Lilla oggi  
il tuo colore pallido  
di convolvo albeggia.

Ma il tuo calice  
solo vive  
per la luce fluente.

Tu, come me, non ami più vedere  
il limite a cui tende  
la media velocità dell'esistente  
quando il tempo corre verso zero.

Tu non ami vivere  
l'emozione della notte.  
Ad altri lasci il cielo stellato  
con il suo notturno mistero.

\*

*In matematica:*

*velocità istantanea = il valore limite di  $(\Delta s/\Delta t)$  quando  $\Delta t$  tende a zero, dove come è noto:*

*$(\Delta s/\Delta t) =$  velocità media.*

*In pratica la velocità istantanea è la velocità media misurata in un intervallo di tempo infinitesimo, cioè quella misurata dal tachimetro.*

**Roberto Soldà**

**Poesie inedite**

**Il ferrico si riduce**

Nubi orlate di rosa,  
si frange il cielo.

Celeste si diffonde un velo:  
l'emozione con l'alba si sposa.

All'orizzonte il ferrico si riduce,  
s'annichila la ruggine.

Blù appare di rame un'immagine,  
contro lo scarlatto traluce.

Solitario il sole stasera,  
tra i rami del salice,  
quale passero felice,  
rosa crea un'atmosfera.

Un prisma è la terra!

**Roberto Soldà**