



LA BELLEZZA DELLE MOLECOLE  
SCIENZA, CULTURA E SOCIETÀ IN PRIMO PIANO

MUSEOLOGIA  
CHIMICA E COMUNICAZIONE  
DIDATTICA INTERDISCIPLINARE  
STORIA ED ETICA DELLE SCIENZE  
ARTE E CULTURA

Anno 5 - N. 1 2026  
MARZO 2026

  
aracne

*Direttore*

Luigi CAMPANELLA

*Co-Direttore*

Andrea MACCHIA

*Comitato Scientifico*

Riccardo CARLINI

Marco CASTRACANE

Stefano CINTI

Antonella COREA

Gian Luigi DE GENNARO

Vincenza FERRARA

Daniela FERRO

Bruno GIANFREDA

Fabrizio PASSARINI

Lucia TONIOLO

*Capo Redattore*

Pasquale FETTO

Istruzioni per gli autori

I singoli articoli e contributi per l'inserimento nel giornale sono sottoposti a valutazione da parte del Comitato Scientifico che ne valuta, preliminarmente, l'aderenza agli scopi e la conformità alle indicazioni tecniche per la preparazione dei manoscritti.

Tutti i contributi vanno inviati come allegati di e-mail indirizzate a:

– Luigi Campanella, [luigi.campanella@uniroma1.it](mailto:luigi.campanella@uniroma1.it)

– Pasquale Fetto, [pasquale.fetto@didichim.org](mailto:pasquale.fetto@didichim.org)

Indicazioni tecniche per la realizzazione degli articoli e dei contributi:

– non devono avere una lunghezza prestabilita, ma è preferibile il formato long (5-10 cartelle) e short (1-4 cartelle); è prevista una rubrica periodica di News.

– formato A4. DOC, font Times New Roman 12 pt;

– figure formato JPEG o TIFF in risoluzione minima di 300 dpi.

– nel testo deve essere specificato l'inserimento delle figure; le figure e le didascalie devono essere riportate alla fine del contributo.

## LA BELLEZZA DELLE MOLECOLE

SCIENZA, CULTURA E SOCIETÀ IN PRIMO PIANO

La materia naturale ed artificiale è fatta di molecole che rappresentano la capacità creativa di chi le ha prodotte, l'uomo o la natura, a partire dagli elementi. Conoscere queste molecole vuol dire conoscere quanto ci circonda, ma il processo di apprendimento è faticoso e richiede impegno.

Stimolarlo sul piano culturale, scientifico, artistico può rappresentare un significativo contributo: la bellezza di certo ha questa capacità attraendoci e coinvolgendoci e può così facilitare anche il rapporto con i giovani e con la scuola. La bellezza delle molecole diviene uno strumento di crescita della società attraverso la promozione della trasmissione e condivisione delle conoscenze. È un'opportunità che suggerisce la possibilità di sviluppare una nuova prospettiva per comprendere i messaggi multidisciplinari che il patrimonio culturale ci può fornire.

La ricerca è uno strumento al servizio della cultura e della bellezza per conservarle entrambe la prima attraverso le tecnologie digitali, la seconda attraverso le conoscenze sui materiali, sui meccanismi di degrado e sui processi di restauro e consolidamento.



ISBN  
979-12-218-2537-4

PRIMA EDIZIONE  
**ROMA** MARZO 2026

# INDICE

- 7     Editoriale. La Street Art  
      Lucia TONIOLO
- 10    Bellezza E Conoscenza  
      LUIGI CAMPANELLA
- 12    Numeri e misure  
      LUIGI CAMPANELLA, Renato SEBER
- 16    Un approccio sperimentale induttivo all'asimmetria,  
      all'origine della vita e...alla chiralità  
      ROBERTO SOLDÀ, PASQUALE FETTO
- 21    Principio di Le Chatelier  
      Vincenzo CAVALLO
- 32    XVI Convegno internazionale AIES  
      Valeria ROMANELLI
- 36    Bioprodotti  
      Beppe CROCE
- 40    Il fascino delle monete. Dal baratto alla monetazione  
      nella Magna Grecia e nella Sicilia greca  
      PASQUALE FETTO

- 48    La prima centrale nucleare al Torio  
      PASQUALE FETTO
- 50    Chimica Pittura Poesia. Il Copertone  
      ROBERTO SOLDÀ

# EDITORIALE

## La Street Art

Lucia **TONIOLO**

Politecnico di Milano

Laboratorio Materials and Methods  
for Cultural Heritage (MaMeCH)

*La **Street Art**, una forma d'arte popolare e stupefacente, anche dal punto di vista molecolare.*

Da qualche anno, come chimici e scienza; dei materiali, con un gruppo di colleghe e colleghi di diversi Atenei italiani, ci occupiamo della conoscenza e della conservazione delle opere di muralismo contemporaneo. Queste opere d'arte, che comunemente vanno sotto il nome di Street Art, rivestono una importanza crescente da un punto di vista culturale e sociale: le opere sono realizzate spesso su commissione da Associazioni, Enti pubblici, aziende private e artisti; con lo scopo di rivitalizzare e valorizzare quartieri, aree urbane critiche e svolgono un ruolo di aggregazione e sviluppo del senso civico e appartenenza ad un territorio; un ruolo significativo di

crescita culturale attraverso un gesto artistico condiviso tra gli artisti (spesso grandi artisti molto conosciuti nel circuito della creatività, quali Banksy, BLU, Jorit, Ericailcane), i comitati e la cittadinanza che può liberamente godere di queste opere esposte all'aperto.

Questa forma d'arte si è notevolmente sviluppata nei primi decenni di questo secolo, passando da un'espressione artistica di ribellione, una forma d'arte "illegale", ad un'arte commissionata, ricercata a cui diversi soggetti guardano con favore crescente.

I grandi dipinti murali contemporanei, tuttavia, sono opere "fragili" da un punto di vista chimico-fisico.

La bellezza di queste opere risiede non solo nella composizione e nel disegno di grandi dimensioni, ma anche nell'uso sapiente del co-

lore e delle vernici moderne, utilizzate come medium artistico. Le superfici pittoriche sono realizzate dagli artisti; senza una piena consapevolezza dei problemi di durabilità della materia; in alcuni casi il carattere effimero di queste opere è addirittura auspicato o almeno accettato.

Come è noto, invece, l'interazione materiale-ambiente è molto critica per questo tipo di materiali: si tratta di film pittorici polimerici (acrilici, vinil-acrilici, alchidici, poliuretani, ecc.) con pigmenti organici di sintesi (SOPs) e additivi di varia natura (plastificanti, anti UV, dispenden; ecc.).

I componen; dei film pittorici sono intrinsecamente suscettibili a processi di degrado di natura diversa innescati dall'irraggiamento solare (UV/VIS), dalle escursioni termiche cui sono soggette le superfici (che per irraggiamento diretto possono arrivare a temperature tra i 50-80°C), dall'esposizione all'acqua liquida meteorica (azione chimica e meccanica della pioggia) e all'umidità ambientale, dal contatto con gli inquinanti atmosferici di natura sia gassosa che particolata e, infine, con i bio-deteriogeni che colonizzano le superfici murarie.

La chimica di queste interazioni è piuttosto complessa; si tratta di fenomeni di foto-ossidazione superficiale e corrosione atmosferica che

interessano pochi micrometri degli stra; pittorici, con alterazione dei colori e della morfologia superficiale del materiale, che cambiano completamente la percezione dell'opera. Questi fenomeni sono rapidi ed irreversibili, e nel giro di pochi anni possono degradare e compromere la materia di cui l'opera è costituita e, in definitiva, la sua leggibilità.

I film pittorici si infragiliscono, cominciano a verificarsi fenomeni localizza; di esfoliazione, micro-distacchi, fading del colore con sbiancamenti, migrazione degli additivi e formazione di depositi; superficiali di materiale estraneo.

Inoltre, si deve considerare che spesso i materiali pittorici sono applica; direttamente su substrati di tipo ceramico poroso (intonaci cementizi, murature in laterizio, facciate in calcestruzzo ecc.), senza alcuna preparazione. Il supporto rappresenta a sua volta una criticità dal punto di vista materico; infatti, vi sono problemi di adesione dei film pittorici al supporto, problemi per la presenza di sali solubili e quindi per la formazione di efflorescenze saline tra il supporto e la materia pittorica, problemi per la presenza di biofilm e microorganismi nelle porosità.

Infine, ci stiamo interrogando sulla possibilità di proteggere queste opere esposte all'aperto in condi-

zioni ambientali spesso molto critiche. La chimica, e soprattutto l'industria chimica, è in grado di fornire risposte adeguate a questa sfida? E' possibile proteggere queste opere pittoriche dall'interazione con l'ambiente urbano inquinato ed estendere la loro durabilità?

Purtroppo, ad oggi, la risposta non è soddisfacente; non vi sono sul mercato prodotti protettivi (coatings) in grado di esplicare un'azione protettiva efficace e duratura. I materiali che i restauratori utilizzano, in genere, sono mutui; da altre applicazioni (in particolare la protezione dei materiali da costruzione, materiali lapidei), e dal punto di vista chimico-fisico sono spesso molto diversi dai film polimerici di vernici sui quali devono essere applicati. In pratica, questi coatings applicati sulle superfici pittoriche, hanno scarsa adesione e agiscono come materiali "sacrificiali", che vengono degradati a loro volta con l'interazione ambientale.

I requisiti che un prodotto protettivo deve possedere sono davvero molti: buona inerzia chimica, traspa-

renza ottica, idrofobicità o super-idrofobicità superficiale, traspirabilità, capacità di schermare la radiazione UV, ecc. Nell'ambito del muralismo contemporaneo vi sono ormai opere considerate di elevato pregio storico-artistico, opere salvaguardate dagli operatori e dalle autorità competenti sia per gli artisti coinvolti e la qualità delle opere, sia per il loro significato socio-culturale. Il dibattito sulla modalità di realizzazione di queste opere e sulla loro conservazione è quindi molto vivace e attuale, un dibattito interdisciplinare che coinvolge gli stessi artisti, i responsabili della tutela, i restauratori e gli scienziati; per la conservazione del patrimonio.

Rimane molto lavoro di ricerca da fare per lo sviluppo e la messa a punto di materiali protettivi efficaci, e lo sviluppo di protocolli per la realizzazione di opere murali contemporanee di qualità, con l'ambizione di creare opere d'arte durevoli e resilienti; in ambiente urbano, coinvolgendo i grandi artisti internazionali e le aziende di questo settore.

# BELLEZZA E CONOSCENZA

Luigi **CAMPANELLA**

luigi.campanella38@gmail.com

Di certo sarà capitato a molti di visitare personali di artisti specialmente moderni e restare affascinati, ma chiedersi poi cosa l'artista volesse esprimere. Poi si ha la fortuna di parlare con un esperto che spiega il processo emotivo che è dietro l'opera e tutto risulta chiaro. Con molta franchezza questa esperienza l'ho vissuta in ben altro contesto con Husserl, una figura che sempre mi avevo appassionato, ma che – lo confesso - faticavo a sintonizzare con la mia mente e la mia formazione di chimico. Poi capita di leggere questo testo della prof.ssa Bello e tutto assume contorni e contenuti più chiari. Dare importanza primaria alle scienze dello spirito e poi trovare nella matematica il principale linguaggio espressivo può sembrare un non senso, ma è proprio quello che nella mente e negli scritti di Husserl consente di vedere la via verso la conoscenza non intesa come informazione ma come base della cultura e della cre-

crescita spirituale ed umana di una persona, a partire dai fenomeni che continuamente la arricchiscono. Una conoscenza così connotata, aiutata peraltro dalle tecnologie, sempre più disponibili e complesse, ci consente di approfondire anche un processo introspettivo prezioso per ognuno di noi. Husserl individua nella fenomenologia il metodo per chiarire i concetti e accedere alle "essenze" delle cose, superando le limitazioni delle scienze naturali e del soggettivismo.

Nel processo di conoscenza, soggetto e oggetto sono connessi: questo è il principio fondante della fenomenologia. È possibile conoscere l'oggetto attraverso i modi con cui esso si manifesta alla coscienza, superando preconcetti e pregiudizi. Gli occhi vedono i fenomeni, la mente li studia, la coscienza li elabora e li fa divenire conoscenza. Vorrei aggiungere che l'integrale di questi processi è cultura.

Che poi i fenomeni riferiti alle Scien

ze, quelle della Vita in particolare, ci mettano a contatto con il mondo che ci circonda e che ci indirizzino verso una visione etica del rapporto fra singoli, comunita, ecosistema e un'opportunità che sta a noi cogliere secondo le nostre coscienze, ma anche secondo le risorse intellettuali di cui disponiamo.

La differenza fra Conoscenza induttiva, propria ad esempio della Chimica e della Biologia e Conoscenza deduttiva, più vicina alla Fisica ed alla Matematica con il valore dell'esperienza prevalente nella prima e della elaborazione nella seconda, non può non riflettersi nel nostro approccio alla realtà.

# NUMERI E MISURE

Luigi **CAMPANELLA**

Renato **SEBER**

Vorremmo partire da 2 considerazioni.

Negli anni '90 l'UE formulò una raccomandazione ai Paesi che la costituivano a quel tempo.

Sostanzialmente, denunciava circa 20 milioni di misure in Europa, costate circa 1000 milioni di euro e del tutto inutili perché non dotate degli irrinunciabili caratteri di affidabilità e responsabili di confusione e di provvedimenti sbagliati. La seconda considerazione è nostra: l'ideale sarebbe misurare tutto in tutto, il che ci consentirebbe la conoscenza di tutto ciò che ci circonda: questo è però reso impossibile da incompatibilità sia economica che tecnica. Interviene allora in nostro aiuto una nuova scienza, che potremmo chiamare l'**ECONOMIA DELLA MISURA**, finalizzata ad eseguire misure soltanto di qualità, quindi capaci di garantire affidabilità nei processi produttivi e decisionali. Misurare, ovvero acquisire stime quantitative di parametri di un oggetto che sia stato preventivamente definito dal punto di vista qualitativo, è una necessità che permette di conoscere esaustivamente la realtà in cui operiamo, sia in contesti scientifici che nella vita di ogni giorno.

Le misure condizionano il nostro comportamento, alcune volte richiedendo stime grossolane, altre volte stime più fini. Ovviamente, non useremo gli stessi strumenti di misura per valutare il peso di un'automobile oppure la quantità di pasta che intendiamo cuocere oppure ancora la quantità di principio attivo in una porzione di farmaco.

In un mondo industriale sempre più esigente, comprendere il ruolo dell'incertezza nelle misurazioni significa migliorare il controllo qualità, ridurre gli sprechi e ottimizzare le performance aziendali. La qualità nel processo di misurazione è sinonimo di garanzia nei confronti di chiunque debba utilizzare misure a fini tecnico-scientifici. Inoltre, l'applicazione della normativa relativa alla gestione dei sistemi aziendali (qualità, ambiente, sicurezza) non può prescindere dalla consapevolezza dell'importanza del corretto utilizzo della strumentazione e di un procedimento affidabile nella determinazione delle misure.

È da sottolineare che disporre di dati quantitativi per diversissimi possibili

parametri di interesse in varie situazioni, costituisce la base della conoscenza, nelle scienze più propriamente sperimentali, ma anche in quelle economiche e, sempre più, anche in quelle sociali. Si può di certo dire che una corretta raccolta e trattazione statistica dei dati alla base del fenomeno studiato rientra ormai in discipline 'insospettabili' fino a non molto tempo fa. La necessità di dar conto di fenomeni mediante 'modelli' coinvolge perfino, ad esempio, le scienze storiche e politiche, viste come un film che scorre nel tempo e, contemporaneamente, nello spazio, piuttosto che come la ripresa di singole 'fotografie', senza legami l'una con l'altra.

Dobbiamo tenere presente che per 'misurare' si intende, in realtà, una gran varietà di processi di stima di una vastità di diverse grandezze. Spesso e forse, in realtà, il più delle volte, ci si riferisce a misure che, seppur, ovviamente, dello stesso parametro, sono effettuate su oggetti diversi, quindi a misure che non si differenziano tra loro per i soli errori casuali. La distribuzione dei dati, in questi casi, non segue di certo un modello gaussiano. È questo, ad esempio, il caso di misure ambientali, di un certo inquinante in diverse stazioni alla stessa ora del giorno o nella stessa stazione di monitoraggio a diverse ore del giorno, e di un numero elevatissimo di risultati di analisi nei più svariati campi, a volte eseguite in una prospettiva deterministica, come quella verso cui ci orientano le Intelligenze Artificiali. .

È altresì ben noto che misurare non porta necessariamente a singoli dati,

ma, molto spesso, alla rilevazione di segnali, ovvero di misure che variano con continuità al variare della variabile indipendente, tipicamente il tempo o lo spazio. La stragrande maggioranza dei fenomeni naturali, che si possono dover osservare per trarne informazioni, avviene con trasformazioni 'in continuo', ovvero per variazioni infinitesime di tempo o di spazio, così come della variabile che osserviamo.

La loro misurazione, conseguentemente, porta a responsi continui e, se ciò non avviene, occorre tener conto delle caratteristiche di questi segnali nel ricavarne, come necessario per vari motivi, sequenze di dati discreti: da un segnale analogico si passa alla relativa, equivalente rappresentazione digitale. In molte situazioni, non solo per la straordinaria diffusione di computer e di personal computer, che solo trattano sequenze di numeri discreti, è necessario perciò 'trasformare' segnali continui in sequenze di dati distinti, che saranno riportati in tabelle per nostro uso o inseriti in file per la loro elaborazione da parte di un computer. Ciò è necessario quando i dati debbano essere 'trattati', con carta e matita, con computer o con la famigerata 'calcolatrice', per ricavarne informazioni. I dati raccolti con discontinuità, per campionamento del segnale continuo, ne devono dar conto in maniera corretta.

A volte, nei testi di competenza il lettore non è guidato nel percorso verso la qualità della misurazione, esposto come:

- conoscenza del significato e dell'uso corretto della terminologia fondamentale;

- scelta adeguata delle caratteristiche dello strumento in funzione dei requisiti della misurazione;
- corretta espressione della misura che, alla luce dell'attuale normativa del settore, si basa sul concetto di incertezza;
- interpretazione delle caratteristiche degli strumenti di misurazione ai fini della determinazione dell'incertezza della misura;
- consapevolezza dell'importanza del concetto di sistema di gestione delle misurazioni, all'interno del quale taratura e conferma metrologica costituiscono presupposti fondamentali per misure affidabili.

L'obiettivo, in questi casi, dovrebbe essere quello di favorire un approccio alla metrologia che sia pragmatico e, al tempo stesso, eviti il rischio di soluzioni superficiali ed incomplete, con aspetti matematici limitati all'essenziale. Proprio queste carenze di educazione e cultura da parte dei tecnici esecutori portano a denunce del tipo di quelle dell'UE da cui siamo partiti. Inoltre, sul piano educativo la misurazione non può prescindere dai doverosi riferimenti agli aspetti normativi, con particolare riguardo a tre norme d'interesse in ambito produttivo:

- ISO 9001, norma di riferimento per i sistemi di gestione per la qualità;
- ISO 10012, che costituisce una guida per una gestione di un sistema di misurazioni orientato alla qualità;
- ISO 17025, applicata per l'accreditamento dei laboratori in ambito nazionale.

Misurare richiede uno strumento quando si effettuino misure dirette,

quali la lunghezza o il tempo, o più strumenti quando si effettuino misure indirette, quali la velocità di un oggetto.

Un certo livello di imprecisione accompagna sempre una misura, ed occorre definirne e quantificarne statisticamente l'entità, riconducendola quantitativamente all'imprecisione dei singoli strumenti ed ai fattori più o meno imponderabili che interferiscono col processo di misurazione. La ripetizione di misurazioni nelle stesse condizioni e sullo stesso oggetto rappresenta lo strumento statistico per dare stime quantitative di tale imprecisione e per ridurne il peso. La considerazione dell'errore cosiddetto casuale, che accompagna ogni misura in dati che seguono una distribuzione di tipo gaussiana, è alla base di tutti i modelli statistici che danno conto di realtà sperimentali. In sedi più specifiche [1,2] sono forniti gli strumenti 'tecnici' per dare significato statistico all'incertezza che accompagna un dato o un modello, definendo, in termini di probabilità, gli intervalli entro cui il dato o il modello cercato possono essere definiti. Si individuano così confini entro cui dato o modello possono variare, includendo con una certa percentuale, o probabilità (nelle scienze sperimentali, spesso del 90% o del 95%), il valore o i valori che più sono compatibili con il campione di misure raccolto.

Con riferimento alle misure, dirette ed indirette, occorre sottolineare la differenza che intercorre tra operazioni con i numeri in un contesto puramente matematico, ed operazioni con i numeri che rappresentano misure. In questo secondo caso il numero non

può essere scisso dall'unità di misura che contraddistingue il dato: il calcolo matematico (numerico) diventa uno strumento, da gestire con attenzione all'attendibilità della precisione che ne risulta. Analogamente, il semplice calcolo matematico è uno strumento nella formulazione di leggi fisiche, che non possono ignorare la coerenza dimensionale tra 'quanto sta a destra e quanto sta a sinistra del segno di uguaglianza'.

Si consenta ad uno dei 2 autori una divagazione, a proposito della matematica come strumento. Al Liceo, in quanto discepolo adorante della Matematica, ricorda di essere rimasto 'sconvolto' quando, iniziato il corso di fisica, vedeva la matematica render conto di fenomeni reali, avendo la sensazione ne venisse 'sporcata', con conseguenti accuse di blasfemia nei confronti della fisica, che 'usava' la matematica per esprimere le sue leggi.

Così, un esempio tra i tanti di 'inquinamento' della matematica, si chiedeva perché mai il seno di due angoli

potesse definire un parametro dell'ottica, perché mai le direzioni relative dei due raggi seguivano quel rapporto, o viceversa! Era questo un caso fortuito o una fake news complottista, roba da guerra ibrida (ma all'epoca non se ne parlava ancora....) il fatto che un'espressione matematica, anche complessa, che comprendeva diverse grandezze/numeri, potesse dar conto di una grandezza/numero espressa dal risultato di quell'espressione?! La matematica doveva obbedire alle equazioni dimensionali?!

### Riferimenti

1. Miller, J.N.; Miller, J.C.; Miller, R.D. *Statistics and Chemometrics for Analytical Chemistry*, 7th ed.; Pearson Education Limited:Harlow, UK, 2018
2. Massart, D.L.; Vandeginste, B.G.M.; Buydens, L.M.C.; De Jong, S.; Lewi, P.J.; Smeyers-Verbeke, J. *Handbook of Chemometrics and Qualimetrics: Part A*; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 1997