
Il complesso intreccio tra scienza ed arte

Giuseppe Maruccio

Dipartimento di Matematica e Fisica "Ennio De Giorgi", NNL-CNR-Istituto di Nanoscienze

Accostare scienza ed arte appare forse a molti una contraddizione. Tuttavia non si tratta di aree così distanti come spesso si immagina nell'opinione pubblica. Diversi sono i punti di contatto. Anche se molti artisti potrebbero probabilmente sentirsi lontani dal mondo scientifico, tanti altri ne sono affascinati e ne traggono ispirazione, nozioni e strumenti tecnici di lavoro. D'altra parte molti scienziati si sentono artisti del loro settore, della matematica, della fisica, della biologia, della ricerca in generale. Come diceva Einstein *"I grandi scienziati sono sempre anche artisti"*, mentre la figura di Leonardo mostra come i due mondi si possano coniugare armoniosamente assieme, come due sentieri verso un'unica destinazione. Certamente sia l'artista che lo scienziato sono accomunati da una passione simile per il loro lavoro e condividono il medesimo spirito di osservazione per il mondo che li circonda ed i suoi attori principali, siano questi uomini nostri simili, particelle elementari o batteri. Lo scopo di questo articolo è porre in risalto alcuni ambiti in cui arte e scienza si avvicinano, si sfiorano, si intersecano.

Introduzione

È difficile immaginarsi uno scienziato con un pennello in mano oppure un artista con un camice da laboratorio o dietro un microscopio [1]. Tuttavia arte e scienza si intrecciano molto più di quanto si pensi comunemente. Non è inusuale imbattersi in scienziati affascinati dalle immagini acquisite con microscopi, telescopi e altri mezzi tecnologici o risultanti da più astratte funzioni matematiche. Sempre più ricercatori si diletano a partecipare a concorsi per immagini scientifiche che possono avere una bellezza seducente. Nessuno lo riconoscerà facilmente, ma la gradevolezza estetica di un'immagine può talvolta influenzare anche l'esito di una pubblicazione!

D'altra parte diversi artisti traggono fonte di ispirazione nella scienza e non si può certo trascurare lo studio quasi scientifico condotto da importanti pittori, scultori e architetti su materiali, anatomia e percezione. Ad esempio tutti conoscono gli studi anatomici condotti da Leonardo da Vinci nel Rinascimento (Fig.1), una figura che ben unisce i due mondi.

In fondo, scienza ed arte sono entrambi approcci con cui l'uomo si rapporta (investigando) col mondo esterno, la natura e le domande ultime che da sempre affascinano la nostra specie mediante un percorso fatto da idee, rappresentazioni, teorie e ipotesi testate in posti dove pensiero e manualità si incontrano. Nell'antica Grecia si usava la parola *techne* (da cui tecnica e tecnolo-

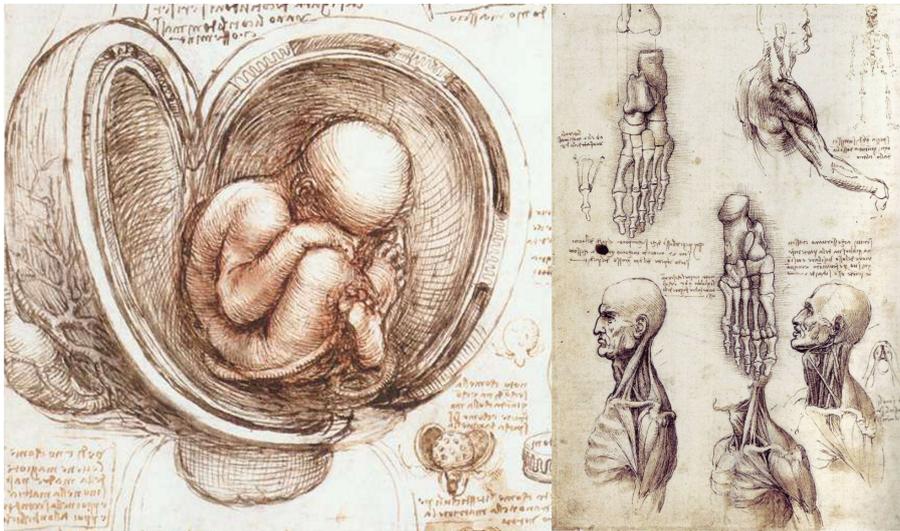


Figura 1: Schizzi di studi anatomici condotti da Leonardo da Vinci.

gia) con un significato ampio che comprendeva tanto l'arte quanto la tecnica.

Questo articolo intende esaminare vari modi in cui scienza ed arte interagiscono ed è organizzato in quattro sezioni: 1. Scienza nell'arte, che tratta come concetti scientifici possano influenzare o essere ripresi nell'arte; 2. Scienza per l'arte, che descrive come la scienza (e la tecnica) possa essere sfruttata per produrre arte; 3. Arte nella scienza, in cui è analizzato l'aspetto artistico nascosto nella scienza, specie quella parte che lavora con immagini; 4. Arte per la scienza, in cui si discute come l'arte possa essere importante ed aiutare la scienza ad illustrare e descrivere particolari fenomeni in modo da renderli più facilmente intellegibili al pubblico sia specialistico che non. Talvolta i confini di questa classificazione sono tenui, ed un particolare esempio potrebbe rientrare in più di una sezione. Parlando di arte, numerose immagini saranno protagoniste di questo contributo.

Scienza nell'arte – l'arte ispirata dalla scienza

Il libro *"On Growth and Form"* (*"Crescita e forma"* [2]), scritto nel 1917 dallo scienziato scozzese D'Arcy Wentworth Thompson (biologo, matematico e studioso classico) è stato considerato a lungo una bibbia dagli artisti del XX secolo ed è stato impiegato come libro di testo in vari corsi di architettura. Partendo dal Darwinismo, l'autore scozzese sostiene che l'influenza delle leggi fisiche sull'evoluzione è trascurata e po-

ne in risalto la somiglianza tra le forme di una medusa e quelle che si creano con la caduta di gocce all'interno di un liquido viscoso o più in generale tra forme riscontrate in biologia ed in fisica. *"In generale non esistono forme organiche se non quelle che sono in conformità con le leggi fisiche e matematiche"*, scrive. In altre parole, i fenomeni fisici possono influenzare la selezione naturale, guidando specie diverse lungo linee evolutive convergenti per quanto riguarda forme e funzioni. In maniera sorprendente, alcune relazioni numeriche in natura rispecchiano concetti matematici come la spirale logaritmica (anche detta *spira mirabilis*) e la sequenza di Fibonacci, che si possono riscontrare nella conchiglia di un nautilus (Fig.2a), nella crescita delle piante come in un ciclone, una galassia a spirale o una sezione del frattale di Mandelbrot. Sembra quindi vi sia un sottostante filo conduttore comune di carattere trasversale. L'arte non si sottrae a questo gioco di relazioni.

L'ispirazione naturalista è molto diffusa. Tanti dipinti, sculture, manufatti ed architetture richiamano forme presenti in natura. Il famoso architetto Santiago Calatrava scrive *"Per me ci sono due principi trascurati da rintracciare in natura che sono molto appropriati per gli edifici; uno è l'uso ottimale del materiale, l'altro la capacità degli organismi di cambiare forma, di crescere e muoversi"* [3]. La natura quindi come insegnante di design e progettazione. Si pensi allo scheletro ed alla sua evoluzione nelle varie specie animali per una ottimale distribuzione del peso e della gravità, aspetti che sono chiaramente di cruciale importanza anche in architettura ed ingegneria. Questa

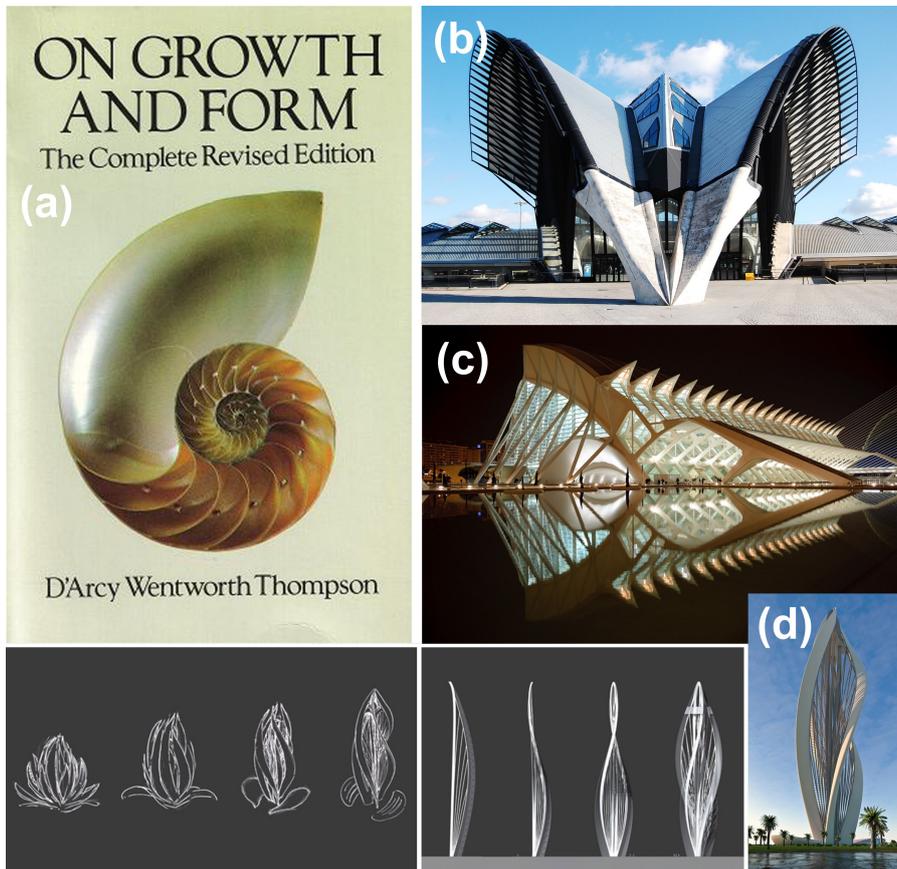


Figura 2: a) Copertina del famoso libro "On growth and form" di D'Arcy Wentworth Thompson. b) Stazione TGV presso l'aeroporto di Lione (Francia) e c) Museo della scienza presso la Città delle Arti e della Scienza a Valencia (Spagna), entrambe opere dell'architetto Santiago Calatrava. d) Blossoming Dubai, edificio progettato da Petra Architects.

filosofia si concretizza nelle opere di Calatrava (Fig.2b-c) come la Città delle Arti e delle Scienze a Valencia (con vari edifici ispirati ad un occhio gigante o allo scheletro di una balena) oppure la stazione aeroportuale di Lione che evoca nelle forme un uccello nell'atto di prendere il volo. La moderna architettura biomimetica [4] non si limita però a replicare forme naturali, ma si prefigge di comprenderne le regole sottostanti alla ricerca di soluzioni sostenibili presenti in natura, agendo su più livelli: quello dell'organismo (forme e/o funzioni), del comportamento (interazioni con l'ambiente) e dell'ecosistema (su scala urbana, piuttosto che sulla singola struttura). Altri esempi che si possono menzionare sono l'Opera House di Sidney che richiama le conchiglie marine oppure il Lotus Temple a New Delhi (India) ed il Singapore Art Science Museum che somigliano entrambi ad un fiore di loto, dal significato altamente caratterizzante per tutta la cultura orientale. Notevole è anche la Blossoming Dubai (Fig.2d) progettata per assomigliare ad un fiore che sboccia [5]. A chi vorrebbe obiettare che natura è diverso da scienza, si potrebbe poi senz'altro menzionare l'High Trestle Trail Bridge in Iowa (USA) che fa senz'altro pensare alla

matematica con le sue chiare forme geometriche, così come il cubo progettato da Soren Korsgaard [6].

Non è raro trovare opere d'arte di chiara ispirazione scientifica in cui concetti, forme ma anche teorie provenienti dalla scienza assumono forma artistica. Questo fenomeno è particolarmente vero nel caso di artisti contemporanei alla continua ricerca di fonti di ispirazione. Chiari richiami scientifici e naturalistici si trovano nelle interessanti opere di Jonathan Latiano [7], mentre Greg Dunn trae ispirazione dalle neuroscienze per le sue opere che ritraggono neuroni [8] (Fig.3a-b rispettivamente). Richard L. Dana [9], invece, è un artista autodidatta che ha più volte esibito le proprie opere a livello internazionale e che spesso ribadisce di essere un lettore di opere di divulgazione scientifica. La sua arte riflette questa predisposizione. L'opera intitolata "Le Voyage Fantastique" ("Il viaggio fantastico", 2010, acrilico su legno) (Fig.3c) appare come un viaggio dal microcosmo al macrocosmo, in cui l'osservatore è spinto ad immaginarsi questo percorso dall'immensamente piccolo (fatto di atomi) attraverso il mondo cellulare fino all'immensamente grande dei corpi celesti. Alcune bande verticali separa-



Figura 3: a) *Compacting factors*, opera di Jonathan Latiano. b) *Maki-e neurons*, opera di Gregg Dunn. c) *Le Voyage Fantastique*, 2010, acrilico su legno, opera di Richard Dana. d) *Elettrocardiogramma*, acquarello, opera di Michelle Banks.

no le diverse scale dimensionali ma il dipinto le racchiude in un tutt'uno perché in fondo sono vari aspetti di un'unica realtà. Gli elementi rappresentati sono schematizzati, stilizzati perché quello che conta qui è l'idea, il messaggio sottostante e non il dettaglio scientifico. Personalmente quest'opera mi fa pensare a quei video mostrati in programmi scientifici come Super-Quark che illustrano il modo in cui un oggetto appare ad ingrandimenti crescenti, ottenuti con l'ausilio di un microscopio elettronico.

Michelle Banks, anche lei autodidatta, trae invece la sua ispirazione dalla biologia ed i suoi acquarelli hanno un notevole successo di vendite in rete. I soggetti sono mitocondri, batteri o cellule varie viste al microscopio, processi di divisione cellulare ma anche elettrocardiogrammi (Fig.3d). Tra i suoi clienti, molti pazienti, dottori ed infermieri. Talvolta, in alcune opere, Michelle non si limita a riprodurre in forma artistica alcune immagini, ma vi aggiunge ulteriori livelli di lettura, come ad esempio in *Love and Death: Beauty* in cui volge lo sguardo a come l'essere innamorati si manifesta a livello cellulare [10].

Un caso esemplare del fascino che la scienza

può esercitare su un artista è il britannico Luke Jerram. La sua *glass microbiology* (*microbiologia in vetro*) dal 2004 ritrae soggetti che spaziano dall'*Escherichia coli*, a batteriofagi, adenovirus, il papillomavirus umano, il coronavirus della SARS, vari virus influenzali fino al temutissimo virus ebola. Una bella galleria di immagini può essere trovata sul suo sito [11] ed alcuni esempi sono riportati in Fig.4a. Noto è il contrasto tra la bellezza delle sculture e quello che rappresentano in termini di pericolosità per la salute dell'uomo. Alla loro progettazione hanno collaborato virologisti dell'Università di Bristol e queste realizzazioni sono state esposte ed usate spesso dalla comunità scientifica, anche in importanti riviste come Nature. Per l'artista, un motivo alla base della scelta del vetro è differenziarsi dalle tipiche rappresentazioni colorate dei virus (vedasi l'esempio in figura) per sottolineare la loro assenza di colore avendo dimensioni inferiori alle lunghezze d'onda del visibile. La sua opera però non finisce qui e meritano senz'altro di essere menzionate le cosiddette sculture sonore in cui invisibili onde vengono visualizzate come silenziose esperienze tridimensionali.

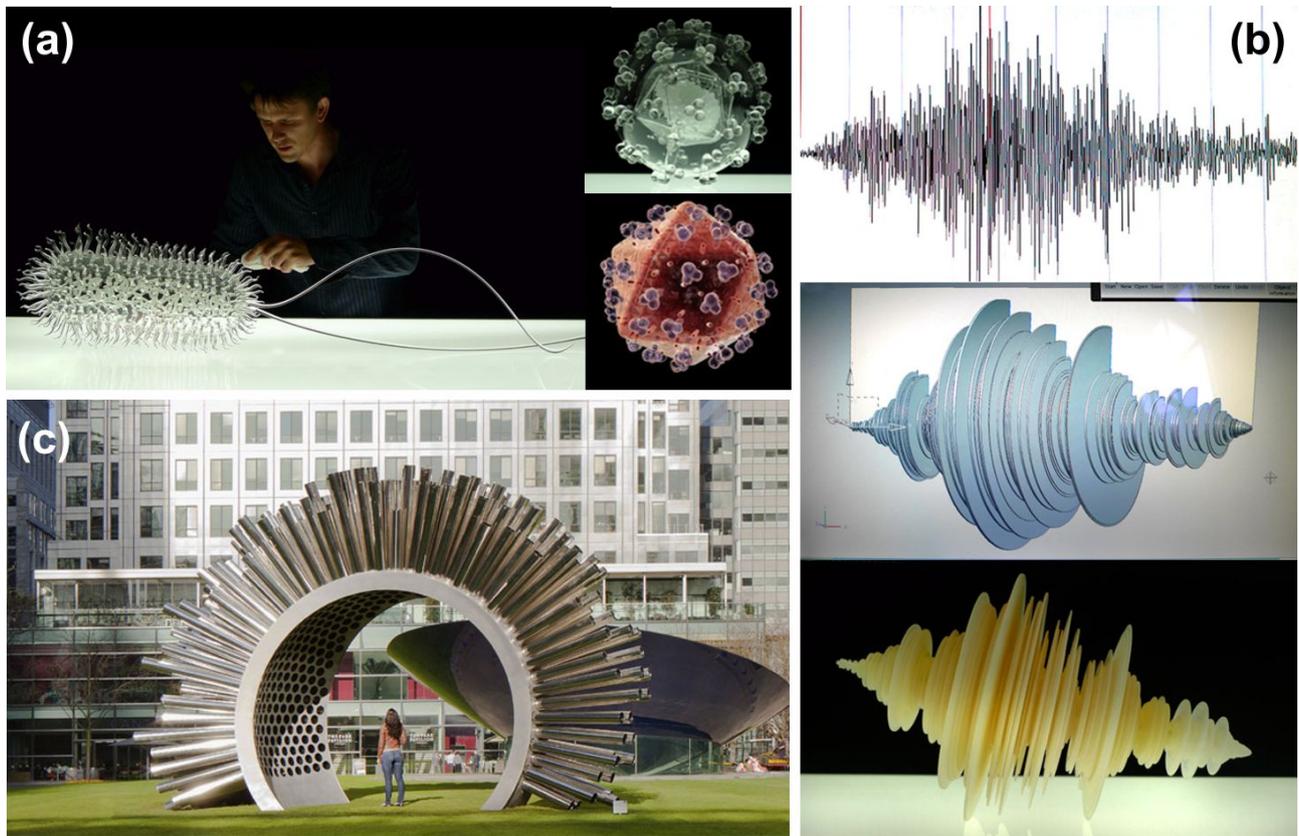


Figura 4: Alcune opere di Luke Jerram: a) Glass microbiology (*Escherichia coli*, in grande, e virus HIV assieme ad una sua immagine artistica di altro autore). b) Sismogramma del terribile terremoto giapponese del 2011, sua trasformazione in 3D per rotazione attorno ad un asse ed opera realizzata mediante stampa per prototipazione rapida. c) Aeolus, il suono del vento.

Luke Jerram ha dato forma artistica al terribile terremoto giapponese del 2011, causa di tante morti e dello tsunami che ha danneggiato la centrale nucleare di Fukushima. L'artista è partito dal sismogramma dell'evento, fornendogli una forma tridimensionale per rotazione attorno ad un asse e poi stampando il risultato mediante la tecnologia di prototipazione rapida (Fig.4b). Quest'opera appartiene ad una serie di sculture con tema la visualizzazione dei dati. Come afferma lo stesso autore, l'opera Aeolus, che riprende il nome del dio greco del vento, rappresenta invece un'investigazione nell'acustica, nel vento e nell'architettura con l'obiettivo di creare un padiglione capace di risuonare e suonare col vento (Fig.4c). La struttura ha la forma di un arco da cui partono vari tubi armonici aperti e la formazione di vortici porta a vibrare dei cavi tesi posti all'interno della struttura (un effetto noto come *von Karman vortex street effect*). Il risultato è che un ascoltatore posto al centro dell'arco può sentire la musica del vento! (i lettori sono invitati

a sentire l'audio disponibile sul sito dell'artista). Questo progetto è così intrigante che vi sono state varie installazioni.

Prima di passare alla prossima sezione, va detto che non sempre l'associazione arte e scienza è opera dell'artista, ma talvolta viene da un'interpretazione successiva come nel caso del dipinto di Salvador Dali intitolato "*Persistence of Memory*" (1931, olio su tela), che è spesso associato alla teoria della relatività di Einstein per via degli "*orologi molli*", che secondo Dawn Ades "*sono un simbolo inconscio della relatività dello spazio e del tempo, una meditazione surrealista sul crollo delle nostre nozioni riguardo ad un sistema cosmico immutabile*" [12]. Il richiamo è così forte che Ilya Prigogine chiese all'artista se effettivamente la teoria einsteiniana fosse legata al concepimento dell'opera. In realtà nel dipinto il tempo non è quello fisico, ma quello della memoria, meno definito e l'ispirazione per la sua rappresentazione veniva più semplicemente dall'osservazione del formaggio che si scioglie al sole!

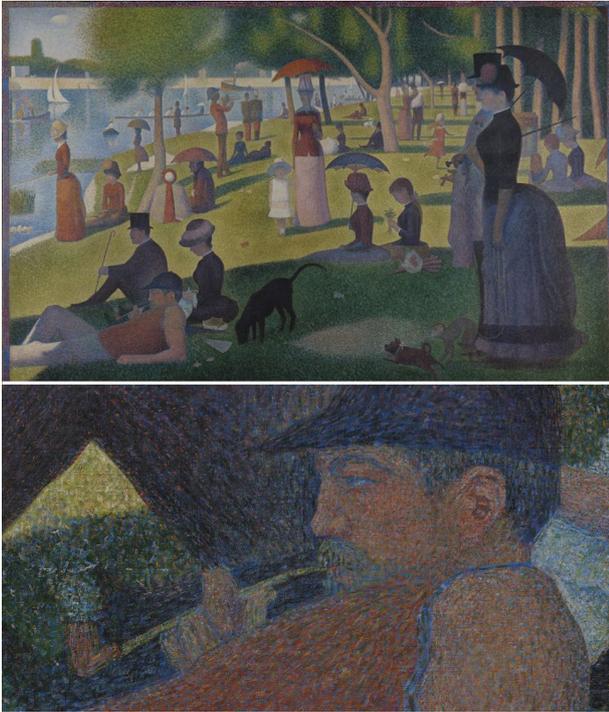


Figura 5: *Un dimanche après-midi à l'Île de la Grande-Jatte*, opera di Georges Seurat, esempio della tecnica del puntinismo. Sul sito del progetto Google Cultural Institute [13] è possibile vedere l'opera digitalizzata a vari livelli di ingrandimento.

Scienza per l'arte – l'arte creata con la scienza

L'innovazione scientifica (con quella tecnica che ne segue) ha sempre contribuito all'arte. Se è vero che a guidare la costruzione delle piramidi e delle cattedrali medievali era più l'esperienza di una scuola, quella dei maestri costruttori, che una teoria formalizzata in maniera scientifica, oggi le ardite creazioni delle cosiddette "archistar" non sarebbero possibili senza un approfondito studio per lo sviluppo di nuovi materiali ed una altrettanto scientifica progettazione mediante software agli elementi finiti capaci di risolvere complesse equazioni differenziali per fornire accurate simulazioni delle strutture. Inoltre nuove tecnologie permettono adesso di realizzare sugli edifici superfici autopulenti, capaci di non sporcarsi, oppure di stampare elementi costruttivi o di decoro con stampanti tridimensionali. Ma lasciamo una volta per tutte l'architettura per svolgere lo sguardo altrove.

La teoria del colore e della sua percezione ha influenzato notevolmente gli artisti Impressioni-

sti e Post-Impressionisti a cavallo del XIX e XX secolo. Fin da studente, il francese Georges Seurat, pioniere del movimento puntinista, era appassionato della teoria del colore e sperimentò a lungo il modo in cui il nostro apparato visivo lo percepisce mediante l'utilizzo di dischi cromatici in cui vari colori sono riportati sulla corona esterna. La tecnica pittorica che ne scaturisce si basa sulla mescolanza ottica, teorizzata dal fisiologo Heinrich Dove, e ne è un esempio il dipinto "Un dimanche après-midi à l'Île de la Grande-Jatte" (Una domenica pomeriggio sull'isola della Grande Jatte, un isolotto sulla Senna) (Fig.5). Quest'opera pittorica è composta da innumerevoli puntini monocromatici, che però sono visibili solo avvicinandosi, mentre ad una distanza maggiore la nostra percezione fa sì che punti vicini interagiscano e si fondano. La scelta dei colori da utilizzare segue regole ben precise: innanzitutto il colore dell'oggetto sotto una luce bianca, poi quelli della luce solare incidente e della sua parte assorbita e riflessa, infine una componente corrispondente alla luce riflessa dagli oggetti vicini. Questa procedura così precisa porta il critico d'arte Félix Fénéon a coniare il termine "Neoimpressionismo" per enfatizzare il suo carattere scientifico rispetto a quello romantico del movimento originale. Negli stessi anni i pittori impressionisti e neoimpressionisti beneficiarono anche dell'invenzione di colori premischiati e pigmenti sintetici da parte dei chimici francesi. Senza queste scoperte, pittori poveri come Monet e Seurat non avrebbero potuto operare, se si pensa ad esempio che il blu oltremarino era precedentemente realizzato con costosa polvere di lapislazzuli.

Alcune forme d'arte, poi, nascono col progresso scientifico. La fotografia in un certo senso sfida l'artista (il pittore) nel suo compito di riprodurre il mondo che ci circonda spingendolo verso nuove sperimentazioni (meno legate al realismo), ma d'altra parte quanta arte c'è dietro l'opera dei grandi fotografi capaci di cogliere e fissare per sempre un momento particolare, un'emozione vivida, una cultura vicina o lontana oppure un habitat naturale o cittadino. A tutto questo, il cinema aggiunge un'ulteriore variabile, il tempo, permettendo di trasmettere e scolpire nella nostra memoria vicende, tradizioni e storie, reali e non, talvolta con un ulteriore supporto scientifico esterno per riprese aeree (con droni)

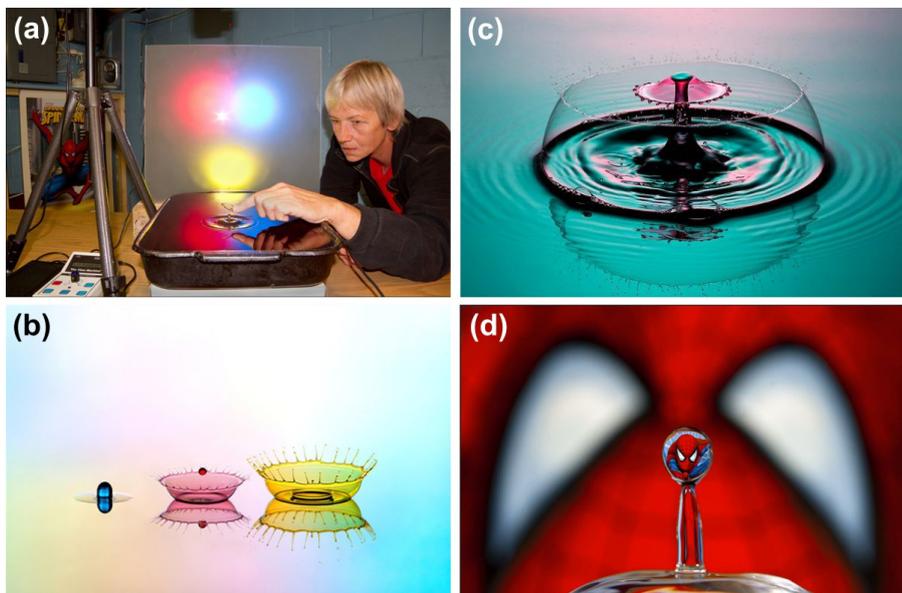


Figura 6: Alcune opere dell'artista Corrie White: a) *Artist at play*, b) *Progression*, c) *Liquid drop art*, d) *Spiderman*.

oppure per riprodurre effetti speciali o credibili ambientazioni futuristiche.

Tornando alla fotografia, è interessante menzionare l'opera di Corrie White, un'autodidatta di origine olandese, la cui passione sono le gocce! La particolarità sono le varie, uniche forme dall'affascinante simmetria che queste possono assumere sotto l'azione delle forze meccaniche che governano il moto del liquido. Si tratta di particolari che sfuggono all'occhio umano, ma che è possibile cogliere con una buona e veloce macchina fotografica. Per il resto non serve attrezzatura particolarmente complessa. I liquidi impiegati sono acqua, latte, caffè, tè o creme, colorate con vari coloranti per cibo o gels o luci. Le gocce possono invece essere ottenute mediante un dispensatore medico oppure, volendo essere più tecnologici un kit apposito come quello della MJKZZ [14]. In Fig.6a, si può vedere l'artista all'opera intenta ad indicare col dito una struttura fluida che si evolve nella bacinella, mentre tre luci (rossa, blu e gialla) la illuminano colorandola con svariate sfumature. Il processo alla base della formazione di queste delicate strutture si può vedere in Fig.6b dove sono ritratte varie fasi temporali. Inizialmente (a sinistra), si può notare una goccia (blu) che impatta sulla superficie liquida. A questa fase, tipicamente segue la formazione di una specie di bacinella con una goccia più piccola che sembra rimbalzare in alto (vedasi l'immagine centrale in rosso). Infine la bacinella si allarga e la goccia ricade sparendo nel "mare" liquido (figura a destra, in giallo). In

tutti i casi si può notare il riflesso impresso nel liquido sottostante, che abbellisce ulteriormente il tutto. Un'altra immagine notevole è riportata in Fig.6c dove un fungo colorato sembra emergere dalla superficie liquida mentre varie onde concentriche si allontanano dal punto di impatto ed una corona sferica sembra formare un recinto di protezione attorno alla delicata struttura centrale. Si noti la somiglianza delle forme con varie strutture biologiche (funghi, meduse, ...) come osservato da Thompson. Le varianti sono innumerevoli a seconda dell'istante dello scatto, del numero di gocce, del numero di esposizioni, dei colori o delle luci impiegate, della viscosità dei liquidi, etc. Si possono trovare vari esempi sul sito della White [15]. Un'ulteriore dimostrazione di come si possa giocare con gocce, fotografia e fisica (ottica) è riportata in Fig.6d, dove si può vedere nella goccia l'immagine dell'uomo ragno che deriva dalla rifrazione dei raggi luminosi provenienti dall'immagine più grande (e capovolta) sul retro attraverso la goccia che agisce da lente. Un fenomeno che i nostri studenti di fisica sono abituati a studiare nei laboratori del secondo anno. Chi fosse interessato a maggiori dettagli o ad istruzioni per riprovare a casa, è invitato a visitare il sito e/o a leggere il libro della White: *"The Ultimate Guide to Water Drop Photography"* [16]. Oltre alle gocce, altri fotografi si sono dilettrati con le particolari forme che si possono riscontrare ad esempio nel residuo lasciato dal whisky che evapora [17], ma andiamo a vedere ora qualcosa di più scientifico e nanotecnologico.

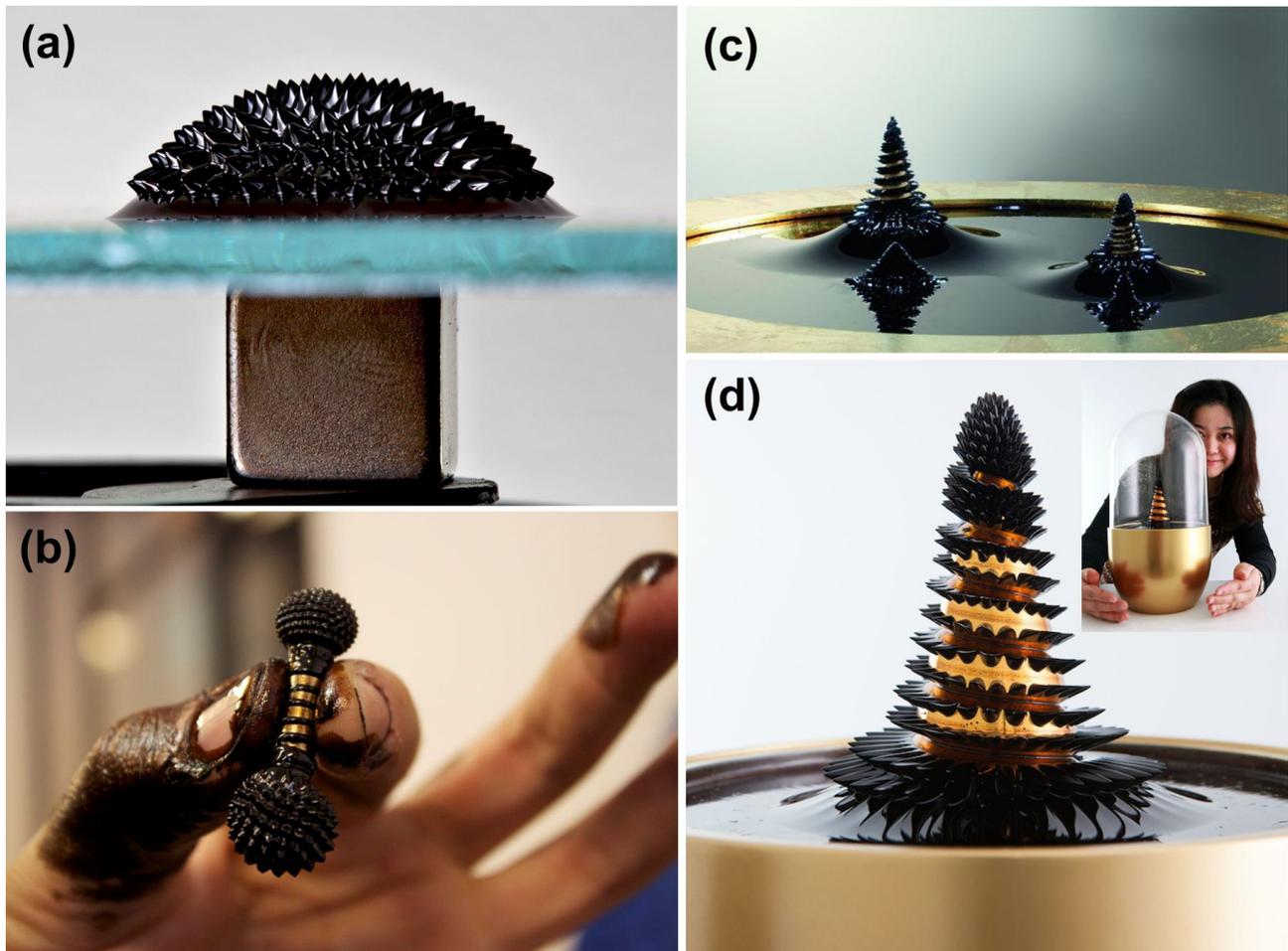


Figura 7: a) e b) Ferrofluidi influenzati da magneti permanenti. c) e d) alcune opere di Sachiko Kodama.

Pochi lettori probabilmente conoscono cosa sia un ferrofluido. Come la parola stessa suggerisce si tratta di un qualcosa che combina le proprietà di un fluido (e quindi l'abilità di cambiare forma) con quelle del ferro, in particolare le sue proprietà (ferro)magnetiche. L'invenzione dei ferrofluidi si può far risalire al 1963 ed alla ricerca dello scienziato della Nasa Steve Papell su nuovi carburanti liquidi per razzi, che potessero essere guidati in assenza di gravità mediante un campo magnetico. Dal punto di vista della composizione, si tratta di sospensioni colloidali composte da nanoparticelle superparamagnetiche (cioè non capaci di preservare una magnetizzazione in assenza di un campo esterno) tipicamente sospese in un solvente organico. È però importante che vi siano dei surfattanti (in pratica dei *saponi*) legati sulla superficie di queste particelle in modo da inibire la formazione di aggregati, indebolendo le forze magnetiche di attrazione fino al punto da riuscire a mantenere isolate le particelle. È altresì importante che le

dimensioni siano su scala nanometrica (10 nm o anche meno) in modo che siano sospese nel liquido per agitazione termica in un moto browniano senza precipitare (come invece accade nei fluidi magnetoreologici costituiti da particelle micrometriche). Tipicamente le nanoparticelle sono composte da ossidi di ferro (magnetite o ematite). Le applicazioni dei ferrofluidi spaziano su vari settori, dalla già citata propulsione spaziale, all'ingegneria meccanica (per la capacità di ridurre l'attrito), la scienza dei materiali, l'elettronica, l'ottica adattativa nei telescopi, la strumentazione analitica ed applicazioni biomediche (come mezzi di contrasto nella risonanza magnetica o per terapie basate sull'ipertermia indotta da campi magnetici alternati).

Ma cos'hanno di così particolare questi ferrofluidi e perché ne stiamo parlando qui? Tutto dipende dalla loro risposta in presenza di un campo magnetico esterno. In queste condizioni, un ferrofluido tende ad assumere una forma tale da rispondere al campo ed assumere la configu-

razione di minima energia totale per il sistema. In particolare, se da una parte gravità e tensione superficiale spingono verso una superficie piana che minimizzi l'area, dall'altra un fenomeno noto come "normal-field instability" ("instabilità al campo normale") favorisce la formazione di un susseguirsi regolare di picchi e valli. Di conseguenza esiste un campo magnetico di soglia per la formazione delle corrugazioni sulla superficie ma questo è particolarmente piccolo per un ferrofluido a causa della sua elevata suscettività magnetica per cui un magnete permanente è sufficiente per superarlo, come illustrato in Fig.7a-b. Facendo passare correnti sufficientemente alte, possono essere impiegati anche elettromagneti.

La storia di Sachiko Kodama, giapponese, si intreccia con quella dei ferrofluidi [18]. Da sempre attratta sia dall'arte che dalla scienza, Sachiko, dopo una laurea (di primo livello) in fisica, sposta i suoi studi fino al dottorato su arte e design e nel 2000 inizia la sua opera con i ferrofluidi che innalza a mezzi artistici col progetto "Protrude, Flow". Variando il campo magnetico col tempo, si possono indurre i ferrofluidi a muoversi e danzare come acqua in una fontana. In Fig.7c-d sono riportate alcune immagini. La cosiddetta arte ferrofluida sta recentemente facendo vari proseliti e le opere della Kodama sono state esposte in vari musei in Giappone, USA, Spagna, Taiwan. Su internet (e youtube) si possono trovare numerosi video dimostrativi ed anche indicazioni su come realizzare un ferrofluido in modo semplice.

Infine è interessante menzionare alcune opere dell'italiano Loris Cecchini [19] (Fig.8) che ad un fisico fanno immediatamente pensare a figure di interferenza, mentre (altre opere) possono richiamare struttura vagamente molecolari ad un chimico.

Arte nella scienza – scienziati che giocano a fare gli artisti

Abbiamo visto come gli artisti siano affascinati dalla scienza e ne richiedano spesso il supporto. Gli scienziati però non sono da meno quanto ad attrazione per l'arte, ma facciamo una breve premessa. In molti settori scientifici, le immagini sono uno strumento essenziale per la ricerca, la visualizzazione, l'analisi e la presentazione dei

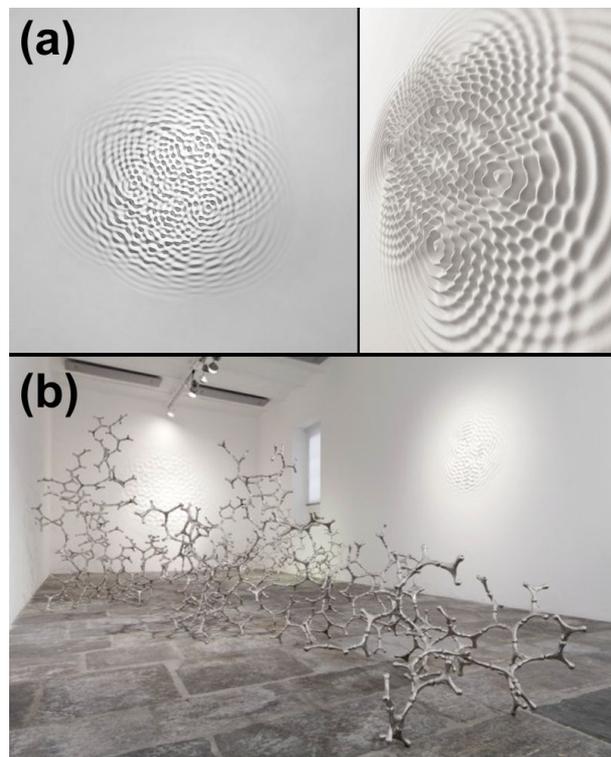


Figura 8: Alcune opere di Loris Cecchini che richiamano a) figure di interferenza, b) molecole organiche.

risultati. Una rappresentazione grafica è infatti di più immediata comprensione rispetto ad una tabella di dati o ad un'equazione. Spesso queste immagini restano nascoste all'interno dei laboratori di ricerca o tra una ristretta cerchia di addetti ai lavori, però possono avere una bellezza artistica capace di renderle interessanti ad un più vasto pubblico indipendentemente dal significato scientifico sottostante. Le citate tesi di Thompson hanno ispirato da tempo varie esibizioni in cui attraenti immagini scientifiche (biomediche) erano esposte al fianco di opere d'arte con una chiara influenza scientifica. Il pubblico si soffermava pressoché col medesimo interesse vicino alle une quanto alle altre. Più recentemente, vanno invece moltiplicandosi gli eventi in cui uomini di scienza si sfidano per un premio artistico. Facciamo alcuni esempi concreti.

Chi sopporta senza fastidio gli insetti? Spesso pensiamo a loro con disturbo. Una mosca, una zanzara, o addirittura un parassita... Le loro immagini al microscopio elettronico sono però di gradevole bellezza. In Fig.9a-b, sono riportate delle scansioni al microscopio elettronico di una mosca aggrappata a cristalli di zucchero (An-

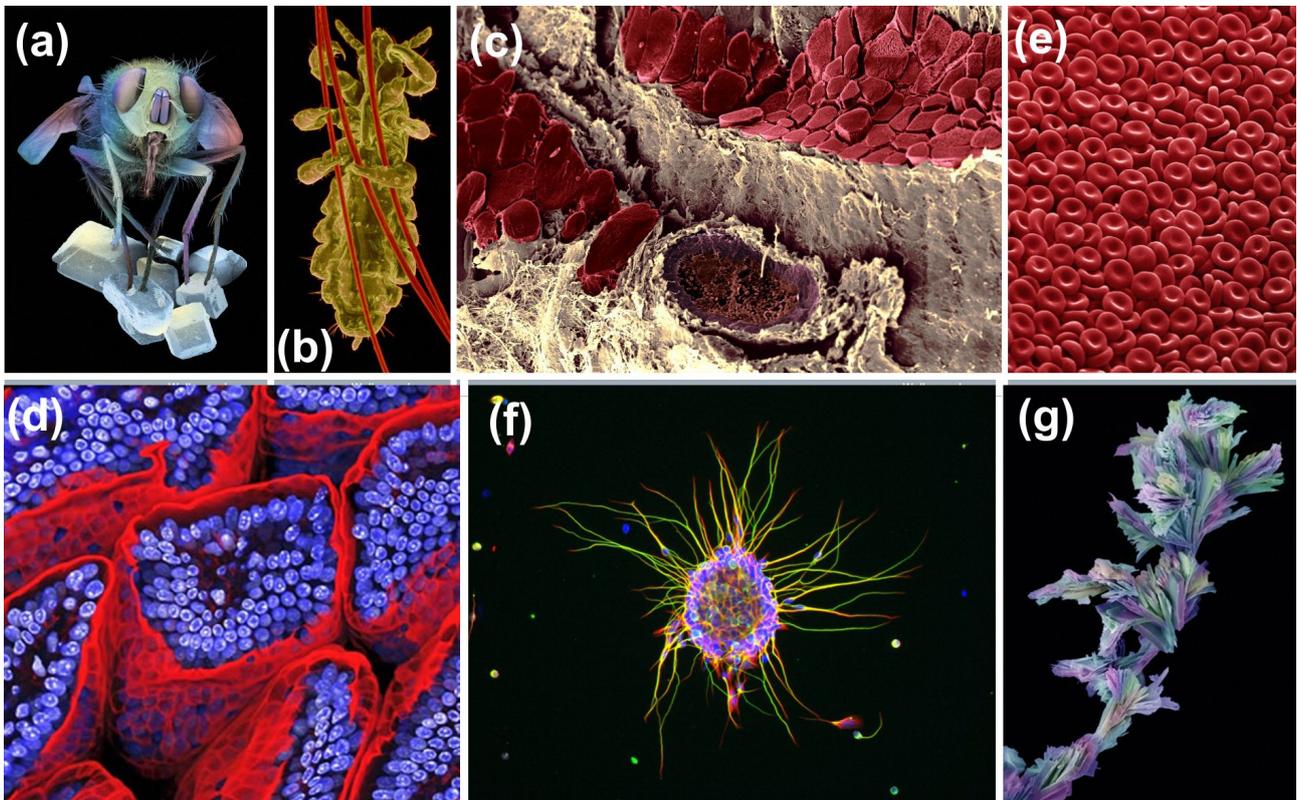


Figura 9: Esempi di immagini premiate al Wellcome Trust Biomedical Image Awards: a) una mosca aggrappata a cristalli di zucchero (Annie Cavanagh, 2008, microscopio elettronico), b) un pidocchio afferrato ad alcuni capelli (Garry Hunter, 2005, microscopio elettronico), c) sezione di muscolo di una coscia di maiale (SEM, David Gregory e Debbie Marshall, 2006), d) villi del piccolo intestino osservati al microscopio confocale (Paul Appleton, confocale, 2009), e) globuli rossi (Annie Cavanagh, SEM, 2006), f) colonia di neuroni (Ludovic Collin, confocale, 2006), g) cristalli di aspirina (Annie Cavanagh, SEM, 2006).

nie Cavanagh, 2008, microscopio elettronico) e un pidocchio afferrato ad alcuni capelli (Garry Hunter, 2005, microscopio elettronico). Anche tessuti organici possono esercitare il loro fascino come illustrato in Fig.9c-d nel caso della sezione di muscolo di una coscia di maiale vista al SEM (microscopio elettronico a scansione, David Gregory e Debbie Marshall, 2006) o dei villi del piccolo intestino osservati al microscopio confocale (Paul Appleton, confocale, 2009). Non sono da meno le cellule: il tappeto di globuli rossi (Annie Cavanagh, SEM, 2006) e la colonia di neuroni (Ludovic Collin, confocale, 2006) in Fig.9e-f attirano certamente l'attenzione, specialmente dei biologi. L'ultima figura (Fig.9g) si riferisce invece a cristalli di aspirina (Annie Cavanagh, SEM, 2006). Tutte queste immagini provengono dal sito dedicato al *Wellcome Trust Biomedical Image Awards* [20], un premio che si ripete con cadenza pressoché annuale nel posto in cui ci fu una delle prime esposizioni dedicate a Scienza ed Arte, ispirata dal lavoro di D'Arcy Wentworth

Thompson. Qualche considerazione è d'obbligo: l'autore delle immagini al microscopio elettronico non è passivo ma ci mette del suo, poiché queste sono proposte in falsi colori in quanto questo strumento non vede la luce. Infatti si tratta, in un certo senso, di un'evoluzione di un microscopio ottico che utilizza un fascio di elettroni per superare i limiti intrinseci legati alla diffrazione di una radiazione luminosa e permettere di ottenere risoluzioni dell'ordine di pochi nanometri. Inoltre la sua elevata profondità di campo consente di ottenere una notevole nitidezza anche in presenza di forti corrugazioni, quando invece un'immagine ottica ad elevato ingrandimento mostrerebbe generalmente alcune zone sfuocate. Il microscopio confocale invece permette di migliorare la risoluzione ed il contrasto di un'immagine ottica rimuovendo la luce da piani fuori fuoco ed in questo caso i colori possono essere correlati a quelli della radiazione luminosa effettivamente emessa (es. rossa o blu) dai fluorofori aggiunti al campione per evidenziare particolari

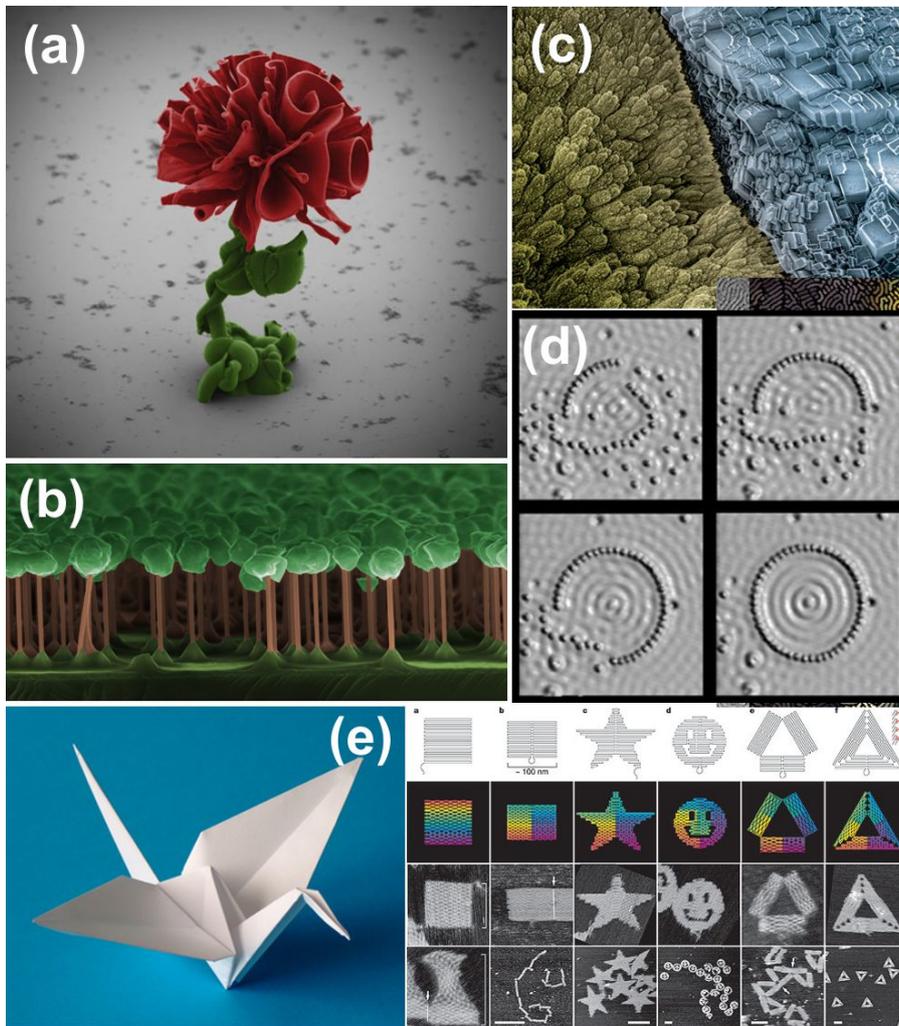


Figura 10: a) Microfiori di carbonato di bario e silice (2013, Wim Noorduin, Harvard University, USA), b) Reticolo di nanowires di GaAs/GaInP assomigliante ad una nanoforesta (2012, Daniel Jacobsson, Lund University, Sweden), c) forme polimorfiche di CaCO_3 (2014, Casper Ibsen, Aarhus University, Denmark), d) confinamento di elettroni in quantum corrals [Science 262, 218-220 (1993)], e) Origami e DNA origami.

regioni o processi cellulari.

Oltre al settore biologico, questi strumenti sono altresì impiegati nella fisica e nelle nanoscienze ed anche qui forniscono immagini intriganti, oggetto di competizioni artistiche come quella della *Material Research Society* intitolata *Science as art* (*Scienza come arte*). Le gallerie disponibili sul sito web relative ai vari anni di concorso presentano immagini molto belle tra cui è difficile fare una selezione [21] (Fig.10a-c). In alcuni casi, le forme, adiuvate dai falsi colori, richiamano microfiori (di carbonato di bario e silice; 2013, Wim Noorduin, Harvard University, USA) oppure nanoforeste (come nel caso dell'array di nanowires di GaAs/GaInP cresciute per epitassia da fase vapore a partire da un seme di oro). In quest'ultimo caso i (falsi) colori verde chiaro e marrone rappresentano rispettivamente le zone di GaInP e GaAs, la cui composizione è stata accertata mediante spettroscopia a dispersione di energia (2012, Daniel Jacobsson, Lund Universi-

ty, Sweden). L'immagine in alto a destra mostra invece forme polimorfiche di CaCO_3 , col passaggio da vaterite (sinistra) alla più stabile calcite (destra) (2014, Casper Ibsen, Aarhus University, Denmark). Chi avrebbe mai considerato un microscopio come uno strumento artistico oppure un insetto, un tessuto, una cellula, un cristallo o nanoparticelle come modelli?

Per l'invenzione del microscopio elettronico è stato assegnato il premio Nobel per la Fisica ad Ernst Ruska nel 1986, ma quell'anno sono stati insigniti della medaglia anche Gerd Binnig e Heinrich Rohrer per l'invenzione del microscopio ad effetto tunnel (STM), il cui sviluppo ha dato un forte contributo all'avvio delle nanoscienze e delle nanotecnologie. Difatti, quest'ultimo sfruttando un fenomeno quantistico noto come effetto tunnel permette di visualizzare e manipolare addirittura i singoli atomi. Nell'immagine in Fig.10d si vede questo processo applicato ad atomi di ferro inizialmente depositati in maniera

disordinata su un substrato di rame e poi spostati uno per uno per formare un cerchio al cui interno si possono vedere delle onde stazionarie dovute agli stati degli elettroni in superficie, che sono simili alle onde che si creano quando si getta un sasso in una bacinella (riflettendosi sulle pareti). Questo fenomeno non avviene se il cerchio è incompleto!

L'STM ha una limitazione importante in quanto richiedendo il passaggio di una corrente elettrica non può essere applicato a campioni isolanti. Per superare questo limite è stato quindi inventato il microscopio a forza atomica (AFM) che appartiene alla stessa classe dei microscopi a scansione, in quanto come per l'STM si utilizza una sonda che si muove sul campione con estrema precisione mediante uno scanner piezoelettrico, misurando nel contempo una forza (invece che una corrente come per l'STM). Quindi anche qui non si utilizza luce, ma è un po' come andare in una stanza buia e usare il tatto per ricostruire una superficie sentendo la forza che questa esercita sui polpastrelli delle nostre dita. Alcune immagini AFM di filamenti di DNA ripiegati sono mostrate in Fig.10e. Si tratta dei cosiddetti DNA origami, una parola composta da un termine di origine giapponese che si riferisce all'arte di piegare la carta, mentre DNA sta ad indicare che il materiale base non è un foglio ma un filamento di acido desossiribonucleico (la molecola della vita) la cui sequenza è stata opportunamente progettata in termini di basi e segmenti complementari in modo da ibridarsi con se stessa e ripiegarsi per assumere una ben definita forma (quadrati, rettangoli, stelle, simpatiche faccine, etc). Sembra un gioco (tipo lego), ed in effetti un po' lo è, ma i ricercatori sono interessati a testare i meccanismi con cui il DNA si ripiega in vista di possibili applicazioni per realizzare capsule/nanorobots capaci di trasportare farmaci nel corpo umano e di aprirsi quando richiesto in seguito al riconoscimento di un obiettivo biologico (es. una proteina). Le porte possono essere infatti codificate mediante aptameri (molecole recettori artificiali costituite anch'esse da acidi nucleici) capaci di aprirsi riconoscendo specifici antigeni (legati ad esempio ad un tumore) che agiscono come chiavi.

Infine, non ci soffermeremo, ma notevoli sono anche le immagini astronomiche come quelle di

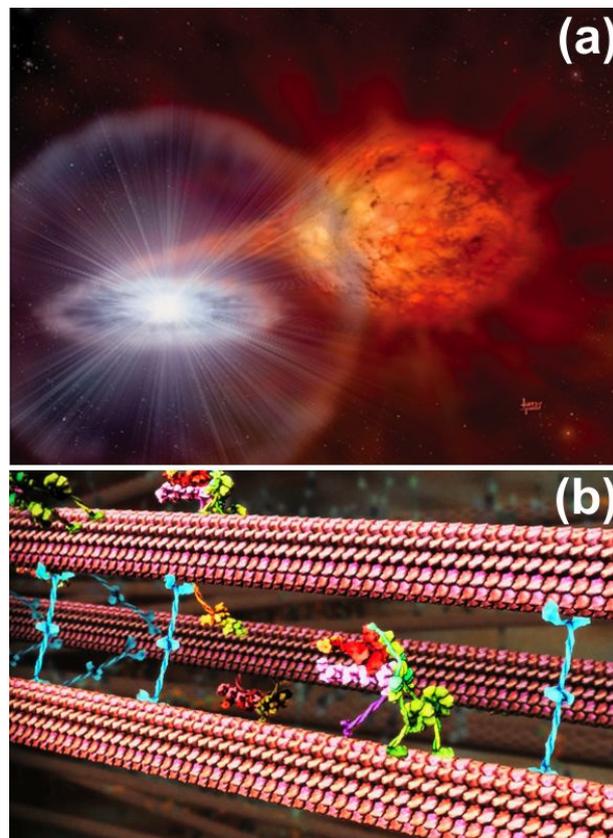


Figura 11: a) Illustrazione del disco di accrescimento attorno ad una nana bianca, opera di David A. Hardy [25]. b) Rappresentazione del movimento della kinesina lungo un microtubulo, opera di Drew Berry [26].

origine matematica (es. [22], [23], [24]).

Arte per la scienza

Immagino che molti dei lettori siano appassionati di scienza, per lavoro, interesse culturale o semplice curiosità. Leggendo articoli scientifici o di divulgazione o dovendo spiegare un concetto ai propri studenti o ad un pubblico più vasto gli sarà talvolta capitato di trovare arduo questo compito. Un'immagine o un video illustrativo possono aiutare notevolmente, specie quando il concetto si fa astratto o lontano dalla nostra comune percezione del mondo che ci circonda. Questo può capitare quando si parla di fisica quantistica, come degli invisibili processi biologici che avvengono in una cellula o di quelli astrofisici fuori dalla nostra portata perché troppo distanti.

Da adolescente, appassionato di astronomia, trovavo affascinanti le immagini di mondi alieni

con pianeti orbitanti attorno a stelle multiple o lune attorno a giganti gassosi con anelli simili al nostro Saturno come anche le istruttive immagini sulla struttura interna dei pianeti, sulle varie fasi di formazione di un sistema solare, sulla vita di una stella. Ad esempio in Fig.11a è illustrato il fenomeno di accrescimento di un oggetto compatto (una nana bianca) a scapito di una compagna di maggiori dimensioni (una gigante rossa). Un processo che può culminare con lo scoppio di una supernova (di tipo Ia) se la massa delle nana bianca supera un valore critico noto come limite di Chandrasekhar.

Oggi, per lavoro, mi capita più spesso di visualizzare spiegazioni su processi biologici con motori molecolari, replicazione di DNA, contrazione di muscoli, ... ed immagini (o video) come quella in Fig.11b sono molto esplicative per chi non ha approfondito ulteriormente la biologia oltre agli studi di liceo.

Certo a volte queste rappresentazioni richiedono approssimazioni o ipotesi che possono essere non del tutto sostenute da certezze scientifiche. Tuttavia a mio avviso, un buon seminario divulgativo non sarebbe possibile senza questo ausilio artistico. Se qualche dettaglio è trascurato, almeno il messaggio, il concetto fondamentale può raggiungere ed essere trasmesso molto più facilmente al nostro interlocutore, con (ovviamente) le opportune precauzioni e raccomandazioni.



[1] <http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/1192358.stm>

[2] D'ARCY WENTWORTH THOMPSON: *On Growth and Form*. Cambridge University press (1917).

[3] ALEXANDER TZONIS: *Santiago Calatrava: The poetics of movement*. Thames and Hudson (1999).

[4] http://en.wikipedia.org/wiki/Biomimetic_architecture

[5] <http://www.mymodernmet.com/profiles/blogs/modern-architecture-2>

[6] <http://www.sorenkorsgaard.com/woodworks.htm>

[7] <http://www.jonathanlatiano.com/>

[8] <http://www.gregadunn.com/>

[9] <http://rdanaartist.com/sequence2.html>

[10] <http://www.neatorama.com/art/2010/08/11/michele-banks/>

[11] <http://www.lukejerram.com/>

[12] DAWN ADES: *Dali (World of Art)*. Thames and Hudson (1982).

[13] https://www.google.com/culturalinstitute/asset-viewer/a-sunday-on-la-grande-jatte-1884/twGyqq52R-1YpA?utm_source=google&utm_medium=kp&hl=it&projectId=art-project

[14] <http://www.mjkzz.com/home.html>

[15] <http://www.liquiddropart.com/>

[16] CORRIE WHITE: *The Ultimate Guide to Water Drop Photography*. ebook ().

[17] <http://www.npr.org/blogs/thesalt/2013/03/18/174637393/the-wonderful-world-of-whisky-art>

[18] <http://sachikokodama.com/en>

[19] <http://loriscecchini.com/>

[20] <http://www.welcomeimageawards.org/>

[21] <http://www.mrs.org/science-as-art/>

[22] <http://www.rmg.co.uk/whats-on/exhibitions/astronomy-photographer-of-the-year>

[23] <http://www.ams.org/mathimagery/thumbnails.php?album=13>

[24] <http://www.bugman123.com/Math/index.html>

[25] <http://www.astroart.org>

[26] http://www.ted.com/talks/drew_berry_animations_of_unseeable_biology.html



Giuseppe Maruccio: Ricercatore presso l'Università del Salento è associato al CNR-Istituto di Nanoscienze, NNL-Lecce e nella sua attività di ricerca si occupa di spintronica e nanomagnetismo, microscopia a scansione, biosensori e lab on a chip.

