

## Tecnologia

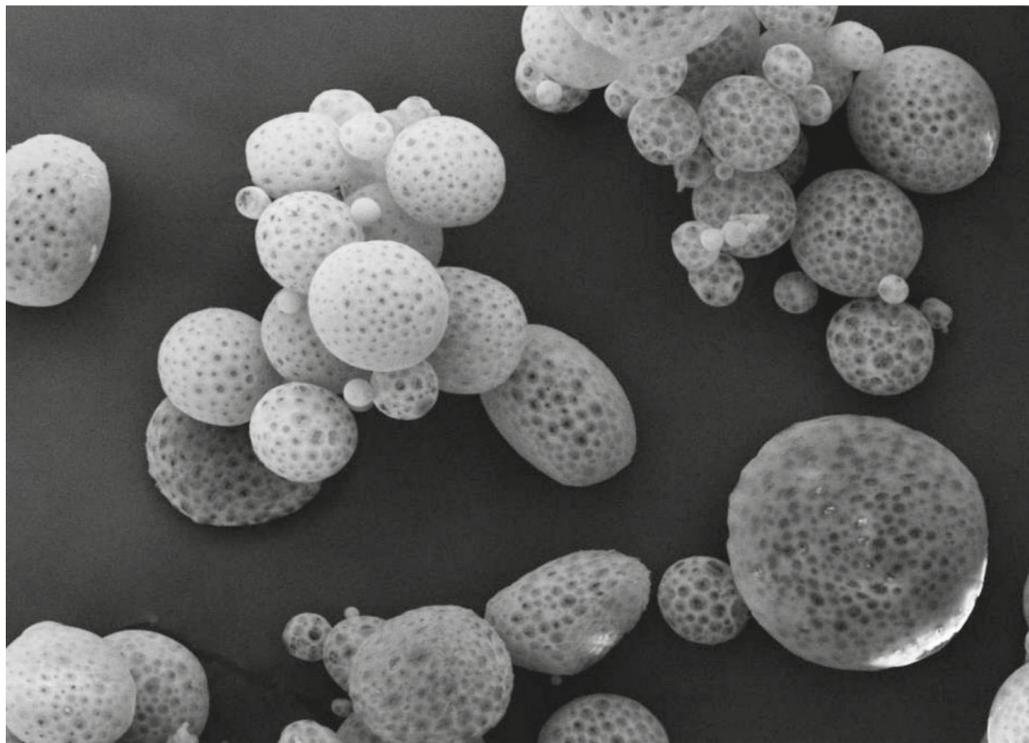
Le nuove nanostrutture sono dotate di movimento e sensorialità senza avere bisogno di ingranaggi: si ispirano ai meccanismi a cui ricorrono gli organismi viventi

SILVIA CAMISASCA

**A**nche se la nanotecnologia condizionerà la nostra quotidianità più di quanto già – consapevoli o meno – non lo faccia ora, formalmente non vivremo rivoluzioni: continueremo a goderci un gelato ai tavolini di un caffè, forse più gradevole senza il rumore dei motori a scoppio (sostituito dalla vibrazione discreta del motore elettrico, simile a quella delle porte stagne dell'Enterprise di Star Trek), e senza l'odore di benzina, ma con quello a stento percepibile del metanolo delle celle a combustibile. Manterremo il gesto di mance in monete, ma con spiccioli igienici grazie alla protezione di nanoparticelle antibatteriche. Guarderemo il mondo attraverso vetri resistenti ai graffi che, alla luce intensa dell'ora di pranzo, si scuriranno automaticamente, mentre all'imbrunire la convertiranno in energia elettrica, illuminandosi come lune d'agosto. Chissà se la mente brillante di quel fisico visionario che fu Richard Feynman intravede già nel 1959 tutto ciò per i propri "nipoti", quando fondò il concetto di nanotecnologia, avendo intuito la possibilità di controllare la materia e realizzare dispositivi su scala nanometrica. Solo infatti nella miliardesima parte del metro si manifestano proprietà e fenomeni chimico-fisici tali da rendere la materia sfruttabile a specifici scopi. A quasi sessant'anni da allora il compito della nanotecnologia continua essenzialmente ad essere il controllo e la manipolazione consapevole di sistemi dell'ordine di qualche nanometro, come un pugno di atomi, o di qualche migliaio di nanometri, come una cellula.

Già sul finire del secolo scorso sull'interesse per le nanotecnologie si è nutrito il fiorire di miti sulle potenzialità, spesso illusorie, di nanomacchine, nanorobot, nanomedicine e altre nano-invenzioni, più o meno astruse, in grado di risolvere i problemi dell'umanità: fu su tale spinta che nel 2000 il governo americano

lanciò il programma National Nanotechnology Initiative (tuttora in corso) creando i presupposti di una nuova rivoluzione industriale. A qualche decennio di distanza, una silenziosa rivoluzione è già avvenuta e una seconda si sta preparando. L'emblema pervasivo della prima rivoluzione nanotecnologica è sulla bocca e sulle orecchie, si direbbe a ragione, di tutti: ovvero lo smartphone, trionfo di tutti quei nanodispositivi il cui esito più recente prende il nome di "internet delle cose". Un mondo, cioè, popolato da oggetti – automobili senza conducente, frigoriferi, peacemaker, tosaerba, scarpe da ginnastica – in grado di "sentire" l'ambiente che li circonda, comunicare tra loro e con l'umanità e reagire a stimoli esterni adattandosi all'evolvere delle condizioni. Fare tutto questo per una popolazione di svariati miliardi di individui implica potenze di calcolo impossibili da realizzare semplicemente impacchettando un numero sempre più alto di informazioni via via più "nane", come prevede la legge di Moore, il co-fondatore di Intel che nel 1965 aveva osservato che il numero di transistor in un chip di computer raddoppiava con cadenza puntuale ogni 18 mesi, a causa dell'inarrestabile spinta alla miniaturizzazione. Ad oggi la legge si è sempre verificata fino a realizzare transistor in circuiti integrati composti da elementi di dimensioni prossimi ai dieci nanometri. Ora, però, l'esperienza della nanotecnologia sulla base del paradigma di "internet delle cose" giunge al capolinea, perché non la stessa meccanica quantistica e la più domestica termodinamica a denunciare i propri limiti per accantonare l'esperienza di Moore.



NANO. Microsfere respirabili per il rilascio di insulina a livello polmonare

# ROBOTICA

## Il futuro è "soffice"

Tuttavia ciò non prefigura il declino della nanotecnologia, ma, al contrario, fornisce la soluzione del futuro, che non consiste più nell'inserire intelligenze nei materiali ma nel crearli ex novo intelligenti, esattamente come prevede Madre Natura. La prerogativa dei sistemi complessi esistenti in natura, capaci di rapportarsi ed adattarsi all'ambiente circostante, è quella di essere strutturati attorno ad unità fondamentali di dimensioni nanometriche – Dna, geni, proteine – organizzati su scale di grandezza crescenti all'aumentare

della complessità delle funzioni svolte. Il modello "naturale" originario per eccellenza è l'essere umano, in cui la coesistenza di unità di dimensioni diverse – dal nanometro al micron – è perfettamente armonizzata e rappresenta una costante per ottenere proprietà e prestazioni più evolute di quelle delle parti da sole non basterebbero. Si pensi alla durezza ed elasticità del legno di bambù dovuta all'interazione di sostanze molli ma elastiche con unità dure ma fragili.

Il merito della nanoscienza sta nell'averci

messato a disposizione i mattoni fondamentali per comporre sistemi complessi: come assemblare armonicamente i componenti nella loro varietà di dimensioni e natura è ancora materia di ricerca. Ecco allora che dall'organizzazione gerarchica di nanooggetti si formano sistemi nanocompositi in cui i componenti su scala nanometrica sono dispersi in matrici polimeriche, così da sfruttare nuove e sorprendenti proprietà meccaniche e funzionali della materia. Ed ecco immediato su questa strada il proliferare di ap-

plicazioni, anche impreviste, nel campo dell'aeronautica, delle protesi "intelligenti" o dell'elettronica indossabile. L'integrazione di nanomateriali su piattaforme microelettroniche "tradizionali" dà luogo alla realizzazione di sensori per la biomedicina, l'ambiente, per il settore energetico e delle telecomunicazioni: in tale scenario il silicio non basta più, occorre sviluppare elementi in cui funzioni e dimensioni dal nanometro al millimetro coabitino.

I nanocompositi in cui le nanoparticelle sono disperse in una matrice presentano caratteristiche inusuali: hanno le proprietà di plastiche, ma possono condurre elettricità come metalli, sono leggeri, ma molto resistenti, variando dimensione a seguito di stimoli esterni come temperatura o luce. I nanocompositi a base di matrici polimeriche, in particolare le gomme, offrono entusiasmanti prospettive in campi in cui è necessario riprodurre o simulare il comportamento di sistemi biologici quali muscoli o nervi: si tratta di elementi "soffici" in grado di modificare le proprie dimensioni per potersi muovere e trasmettere segnali elettrici. Ad esempio, i conduttori metallici, così come li conosciamo, possono trasportare molto bene elettricità ma non possono deformarsi e non sono "soffici" come i nervi: ecco dunque che l'unicità delle caratteristiche delle nanoparticelle sfocia in formidabili applicazioni.

Nel campo della fabbricazione di protesi intelligenti e di impianti per la terapia in casi di disturbi neurologici e traumi spinali si possono impiegare nanocompositi con caratteristiche meccaniche ed elettriche ideali per preservare i tessuti con cui interagiscono ed integrarsi perfettamente agli organismi danneggiati.

Da tali impianti alla cosiddetta "robotica soffice" il passo è immediato, progettando elementi dotati di movimento e sensorialità, senza usare ingranaggi, ma ispirandosi ai meccanismi a cui ricorrono piante, insetti, pesci e mammiferi, cioè gli organismi viventi, per muoversi ed interagire con l'ambiente. Analogamente, l'energia necessaria alle funzioni del sistema robotico viene prodotta e distribuita mediante meccanismi che "replicano" il più possibile i processi della natura, come la trasformazione metabolica e l'immagazzinamento per la distribuzione di segnali elettrici nelle reti nervose a bassissime tensioni. Ciò permette di comprendere meglio come la natura organizza sistemi complessi ed efficaci col minimo dispendio di energia e l'uso sapiente delle risorse. I robot di nuova generazione, proprio perché "soffici", si adattano con grande facilità agli ambienti più varie nelle situazioni più disparate, possono maneggiare oggetti delicatissimi, senza il rischio di arrecare danni alle persone o agli animali nel loro raggio d'azione. Ancora una volta, guardandoci attorno, troviamo il suggerimento a soluzioni inaspettate: è il comportamento stesso della natura secondo i propri ritmi e con le proprie inesauribili risorse a tracciare la strada maestra.

© RIPRODUZIONE RISERVATA

### L'esperto

## Milani: «Sistemi più versatili dei loro parenti "rigidi"»

**M**ilano, via Celoria 16: all'interno del Dipartimento di fisica dell'Università di Milano sorge quella che, a buon diritto, figura, non solo su piano nazionale, quale punta di diamante della sperimentazione nanoscientifica, ovvero, il Centro interdisciplinare materiali e interfacce nanostrutturate, diretto da Paolo Milani.

**Come si è evoluta la ricerca negli ultimi anni?**  
«Si è assistito ad un cambiamento sostanziale, soprattutto nell'approccio. Ora le nanotecnologie sono consi-

derate abilitanti di per sé in vari settori, in particolare, quello elettronico e biotecnologico. Citando gli apparecchi diagnostici in cui le nanoparticelle sono impiegate come mezzo di contrasto, si comprende quanto esse siano entrate nella "quotidianità" della produzione industriale, miniaturizzate a tal punto da rendersi invisibili ed estremamente efficaci. Non fanno più notizia, ma il loro valore e peso sono strategici».

**Dunque il potenziale di innovazione delle nanotecnologie non può dirsi esaurito?**

«Esatto. Ci stiamo cimentando nella realizzazione di sistemi complessi di grande importanza per la scienza di base e per le applicazioni correlate, in particolare, nella manipolazione di mattoni su scala nanometrica destinati a costituire sistemi con la complessità tipica di quelli biologici. Le nanotecnologie sono state e continuano ad essere una palestra insostituibile per sviluppare un approccio trans-disciplinare a problemi e soluzioni».

**In che senso le nanotecnologie sono abilitanti alla fabbricazione di strutture complesse sul modello di quelle biologiche?**

«Controllando l'assemblaggio di materiali a partire dalla scala nanometrica, è possibile organizzarne la struttura ed influenzarne la crescita a livelli via via superiori. Il controllo su questa dimensione permette inoltre di modulare le proprietà in modo che il materiale reagisca a stimoli esterni variando in maniera reversibile forma, colore ed elasticità. È grazie a queste pro-

prietà che si giunge a nuove classi di dispositivi strutturati che vanno sotto il nome di "robotica soffice"».

**I sistemi nanostrutturati ed i robot "soffici" pongono interrogativi etici?**

«Non più di quanto facciamo i materiali comunemente assemblati e gli automi ("robot") attualmente in uso.

Siamo lontanissimi da sistemi in grado di sviluppare una autonomia o addirittura un'autoconsapevolezza proprie tali da porre questioni etiche. Ed, anche per il futuro, escluderei che in questa direzione sarà mai possibile fabbricare sistemi che simulino anche le più semplici forme di vita, se non nel movimento e nell'uso sapiente dell'energia. I robot "soffici" sono meno pericolosi e più versatili dei loro parenti "rigidi", ed estremamente più modesti per consumo di energia. I problemi etici connessi alla loro introduzione sono gli stessi che sorgono per la funzione ed applicazione associate a qualsiasi altra tecnologia. Si tratta di una questione generale e di fondo della scienza, non specifica alla nanoscienza».

**Il sistema della ricerca in Italia è pronto ad affrontare questo cambiamento di paradigma?**

«Il contributo italiano allo sviluppo ed allo sfruttamento di nanotecnologie è stato cruciale, pur se penalizzato da condizioni di carenze di mezzi e infrastrutture in cui versa il Paese. Come noto, in Italia la ricerca scientifico-tecnologica non figura tra le priorità, condannandoci ad un ruolo sempre più marginale. Il nostro campanilismo scientifico comporta il rischio di mostrarci poco attrezzati a gestire iniziative multidisciplinari: di grande giovamento sarebbe la creazione di un'Agenzia della ricerca sull'esempio di altri Paesi avanzati, ma per arrivare a ciò, dovremmo prima aver compreso che c'è in gioco il nostro futuro e non solo prestigio e orgoglio patriottici».

Silvia Camisasca

© RIPRODUZIONE RISERVATA

### L'APPLICAZIONE

#### COSÌ IN TV IL MARE È SEMPRE PIÙ BLU

«Leggeri, rapidi ed efficaci, potenzialmente perturbatori e rivoluzionari»: così sono descritti i componenti e i materiali "nano" dalla Direzione della ricerca della Commissione europea, anche per l'impatto sulla produttività con la prospettiva di aumento di ricchezza e occupazione. Per la prima volta, la riduzione dei volumi di rifiuti ed emissioni si accompagnerebbe ad un risparmio di risorse ed ad una crescente disponibilità energetica, perfino illimitata, se si riuscisse a replicare artificialmente il processo della fotosintesi. Non si tratterà di un contributo rivoluzionario alla soluzione di questioni mondiali ed epocali, ma il caso dei televisori quantum dot mostra la versatilità del "nano", aggiungendo una nota di colore alla telecronaca della Nazionale o al mare sempre più blu della Vigata di Montalbano. Già i mastri vetrai nella preparazione delle finestre delle cattedrali gotiche sfruttavano – pur inconsapevolmente – le proprietà ottiche delle nanoparticelle disperse in soluzione di trasmettere colori diversi al variare del loro diametro. Da tre anni a questa parte sul mercato dei televisori piatti di alta gamma si sono prepotentemente affacciati apparecchi in cui si impiegano nanocristalli di semiconduttori, i punti quantici appunto (quantum dot), in cui le modalità di assorbimento e riemissione della luce dipendono dalle dimensioni: agendo semplicemente sul diametro dei nanocristalli in soluzione si ottiene l'effetto cromatico ricercato, migliorandone la resa e l'efficacia e contenendo il consumo di energia. L'ultima fase consiste nel verniciare le nanoparticelle su appositi supporti e, infine, montarle sugli schermi. Pur nella semplicità del processo concettuale, sono trascorsi più di venticinque anni di ricerche e sviluppo perché questa metodologia si imponesse sul mercato. Anzi questo esempio mostra quanto spesso le nanotecnologie costituiscano una integrazione ad un sistema già diffusamente impiegato per migliorarne le prestazioni: come impone la legge del mercato, il segreto sta in quel valore aggiunto che richiami l'appello dei consumatori. (S.C.)



RICERCA. Paolo Milani

Il direttore del Centro materiali e interfacce nanostrutturate di Milano: «Pongono gli stessi problemi etici di ogni altra tecnologia. Si tratta di questioni di fondo della scienza, non solo di quella "nano" Ma siamo lontanissimi da forme di "coscienza"»