

# Nanotecnologie, una rivoluzione che fa paura

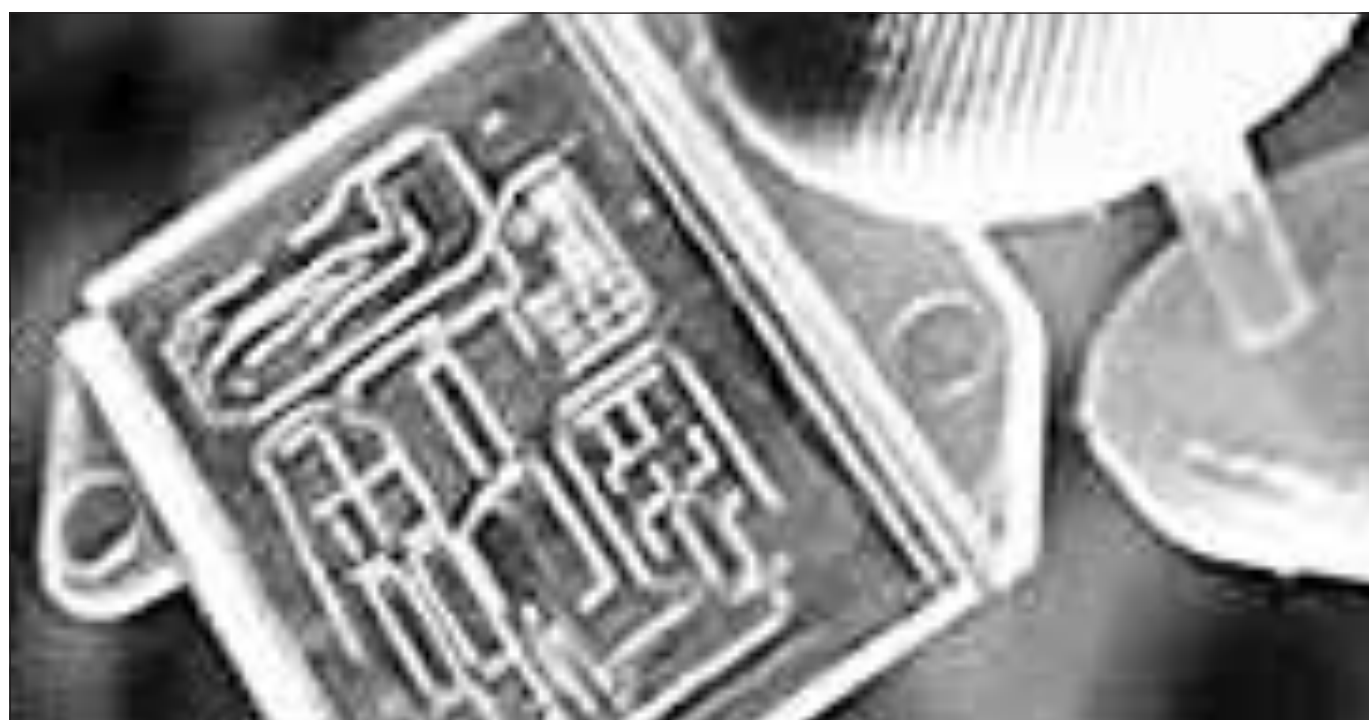
**C'È CHI DICE** che da qui alla fine del secolo faranno moltiplicare per 100 la ricchezza prodotta al mondo. Ma c'è anche chi teme che sia impossibile controllare la manipolazione di particelle così piccole

di **Pietro Greco**

**F**inora le applicazioni commerciali non sono molte. Ma nei laboratori qualcosa di interessante già si vede. A Bologna, per esempio, il chimico Vincenzo Balzani ha messo a punto con i suoi collaboratori il motore molecolare solare (un rotaxano) più veloce del mondo: capace di compiere ben 60.000 giri al minuto. Cioè pochi ormai sono coloro che mettono in dubbio l'annuncio della National Science Foundation (Nsf) degli Stati Uniti: «Una rivoluzione è in corso nella scienza e nella tecnologia, fondata sulla recente acquisizione della capacità di misurare, manipolare e organizzare la materia a livello della nanoscala: da 1 a 100 miliardesimi di metro».

Effettivamente gli scienziati stanno acquistando una sempre maggiore capacità di manipolare la materia alla scala dei nanometri. Si tratta di una scala davvero particolare: perché a questa dimensione la fisica, la chimica, la biologia, la scienza dei materiali e l'ingegneria convergono verso i medesimi principi e strumenti. La nanoscala non è un altro semplice passo verso la miniaturizzazione, ma una dimensione qualitativamente nuova. Qui la materia cessa di comportarsi come la vediamo fare a livello macroscopico, seguendo le leggi classiche della fisica e della chimica, ma assume un comportamento nuovo. Un comportamento «dominato dalla meccanica quantistica, dal confinamento dei materiali in piccole strutture, da una notevole frazione del volume interfacciale e da altre proprietà, fenomeni e processi unici», per dirla con i tecnici della Nsf.

Questa dimensione presenta problemi scientifici inediti e gli strumenti teorici oggi a nostra disposizione sono inadeguati a descrivere nel dettaglio i fenomeni alla nanoscala. La ricerca di spiegazioni significative del comportamento della materia a livello dei nanometri, definisce una disciplina di studio, le nanoscienze, qualitativamente diversa dalla semplice somma delle conoscenze che già abbiamo in fisica, in chimica e in biologia. Se poi le nanoscienze produrranno davvero progressi scientifici fondamentali, ne deri-



verà un cambiamento profondo nel modo in cui i materiali, i dispositivi e i sistemi vengono compresi e creati. Ovvero avremo nanotecnologie (nuovi materiali, nuovi farmaci, nuovi robot) che saranno qualitativamente diverse dalle tecnologie miniaturizzate, anche le più minuscole, che già conosciamo. La declinazione al futuro è d'obbligo. Perché oggi le nanotecnologie sono ancora nella loro infanzia. I nanotecnici sono, infatti, capaci di produrre e controllare solo nanostrutture molto rudimentali. Ma la fiducia è tale da indurre più di qualche economista a prevedere che da qui alla fine del secolo la rivoluzione al livello della nanoscala farà moltiplicare per 100 la ricchezza prodotta al mondo. È dunque per cercare di cavalcare la nanotigre che oggi l'Europa

**A queste dimensioni la materia si comporta in modo diverso da quello solito**

(35%), gli Usa (32%) e il resto del mondo (33%) spendono quasi 8 miliardi di euro. Solo 20 anni fa il termine nanotecnologie neppure esisteva: lo ha proposto per primo Kim Eric Drexler in un libro, *Engines of Creation* (i motori della creazione), pubblicato nel 1986. E solo dieci anni fa gli investimenti nelle nanoscienze ammontavano a poco più di qualche spicciolo. Raramente un nuovo campo di

studio scientifico e tecnologico ha goduto di tante aspettative. Ma raramente un nuovo campo di studio ha prodotto tanta preoccupazione preventiva. A iniziare dai suoi pionieri. Già nell'anno 2000 Bill Joy, il nanotecnologo imprenditore fondatore della Sun Microsystems, pubblica sulla rivista *Wired* un articolo dal titolo inequivocabile: *Why the Future Doesn't Need Us*, perché il futuro non ha bisogno di noi. Dove il noi sta appunto per nanoprodotto. E ancor prima era sceso in campo lo stesso Eric Drexler, lo scienziato del MIT, per chiedere di fermare la rivoluzione che egli stesso aveva avviato e che giudica incontrollabile. In breve le preoccupazioni trascinano dal mondo della scienza e raggiungono il grande pubblico. Contro le nanotecnologie si schierano principi, come Carlo d'In-

ghilterra, e prosatori, come Michael Crichton che nel 2002 scrive un nuovo best-seller, *Prey*, sul filo del terrore nanotecnologico. Ammettiamolo. Il dibattito tra apologeti e catastrofisti ha un che di surreale. Perché si avviluppa appassionatamente intorno a una costellazione di promesse. Tutte straordinarie. Ma poche, allo stato, corroborate da fatti concreti. Eppure ha almeno un pregio. Impone a tutti di chiedersi come la nanorivoluzione influenzerà la nostra visione del mondo, la nostra economia, la nostra società. A interrogarsi sulle implicazioni etiche e sociali connesse allo sviluppo di un nuovo settore scientifico e tecnologico. Che impatto avranno sull'uomo e sull'ambiente le nuove tecnologie? Chi ci guadagnerà e chi ci perderà? A chi andrà il nanodividendo?

**Da Topolino all'esercito degli Stati Uniti**

**In una storia a fumetti del 1959**, Topolino e la dimensione Delta, il grande disegnatore Romano Scarpa narra il tentativo di sfruttare a fini criminali l'invenzione di uno scienziato, dando corpo agli atomi contenuti in un piccolo oggetto per ottenere miliardi di soldatini pronti a conquistare il mondo. Fantasia? Certo. Però uno dei pionieri delle nanotech, Eric Drexler, sostiene in «Engines of Creation» che un giorno non lontano sarà possibile costruire nanorobot in grado di riprodursi autonomamente. Senza arrivare agli scenari inquietanti evocati da Drexler, non bisogna dimenticare che gli ambienti militari guardano alle nanotecnologie con estremo interesse: negli Stati Uniti questo settore riceve una cospicua fetta di investimenti pubblici. E nei laboratori Usa si stanno già mettendo a punto micro-aerei spia in grado di andare ovunque, sofisticati sensori chimici e biologici, armi a raggi infrarossi, ecc. ecc. Gli ottimisti ribattono che le nanotech miglioreranno la nostra vita. Verranno realizzati computer sempre più piccoli e sempre più potenti, si produrrà energia pulita e si desalinizzerà l'acqua del mare, «nanoprotetti» terapeutici colpiranno solo i tessuti tumorali risparmiando quelli sani, materiali leggeri e ultraresistenti rivoluzioneranno il nostro modo di viaggiare sulla Terra e nello spazio, nanoparticelle introdotte negli abiti li renderanno in grado di riscaldare o rinfrescare chi li indossa a seconda della temperatura esterna.

ni.m.

**RISCHIO SALUTE** Già 300 prodotti sono sul mercato: sono sicuri?

**«Quelle particelle sono tossiche per l'uomo»**

di **Nicoletta Manuzato**

**D**ai dentifrici ai cosmetici, dai tessuti agli articoli per la pulizia: sul mercato sono già presenti più di trecento prodotti basati sulle nanotecnologie. Nella nostra realtà di tutti i giorni stanno entrando senza troppo clamore oggetti, dispositivi, materiali, ottenuti operando nel campo dell'infinitamente piccolo, da qualche centinaio di nanometri a qualche nanometro (il nanometro è pari a un miliardesimo di metro). Molti di questi prodotti però, avvertono gli esperti, incorporano nanomateriali che possono avere comportamenti inattesi, perché le loro proprietà chimico-fisiche si differenziano da quelle degli stessi materiali presi a grandezza ordinaria. «Quando una particella si restringe - spiega Philip Ross su *Technology Review*, la rivista del Massachusetts Institute of Technology - il rapporto tra area superficiale e massa cresce. Un materiale che è apparentemente inerte in massa acquista una maggiore area superficiale per l'accumulo di nanoparticelle, che può portare a una maggiore reattività. Per alcune applicazioni si tratta di un vantaggio, ma può tradursi anche in una maggiore tossicità».

Le prime sperimentazioni non sono certo rassicuranti: nei laboratori del Johnson Space Center della Nasa, a Houston, è stato verificato che per l'apparato respiratorio dei topi i nanotubi di carbonio sono, a parità di peso, più tossici del carbone e del quarzo. E la ricercatrice statunitense Eva Oberdörster ha rilevato che i pesci, tenuti per due giorni in acque dove erano state immesse nanosfere di carbonio a una concentrazione di una parte per milione, presentavano un danno ossidativo diciassette volte superiore a quello riscontrato nei pesci di controllo. Quanto all'ambiente, è provato che le nanoparticelle di alluminio, già presenti in varie applicazioni, possono inibire la crescita delle radici di alcune piante.

«La scienza non si chiede più se queste particelle facciano male perché lo sa perfettamente. Si chiede piuttosto attraverso quale meccanismo agiscono sull'organismo», afferma il nanopatologo Stefano Montanari, che presso il Laboratorio Nanodiagnostica di Modena si occupa da quasi dieci anni di questo settore. «La via preferenziale d'ingresso nel corpo umano è l'inalazione. Se il particolato è di dimensioni nanometriche riesce a superare le mucose nasali e i bronchi per insinuarsi negli alveoli polmonari

e da qui nel sangue. Attraverso la circolazione sanguigna può finire in qualunque organo: il fegato, i reni, le ghiandole linfatiche o addirittura il cervello».

Quando le polveri sono relativamente grosse, l'organismo reagisce alla loro presenza avvertendoci come corpi estranei. «Ma i granelli nanometrici possono penetrare in profondità nelle cellule, spingendosi fino all'interno del nucleo. Così all'eventuale tossicità di un determinato materiale si aggiunge la sua possibilità di interferire con i tessuti a livello cellulare e subcellulare: un'azione combinata che può dar luogo a reazioni biologiche tuttora ignote», avverte il dottor Montanari. Dopo l'inalazione, la via d'assunzione più frequente è l'ingestione. «Per questo sarei estremamente prudente nell'uso di dentifrici contenenti nanocomposti, perché anche se la pasta dentifricia non si inghiotte, qualcosa finisce per penetrare - afferma ancora Montanari - Per i cosmetici ci sono meno preoccupazioni: il passaggio di particelle attraverso la pelle integra non è a tutt'oggi dimostrato». Altre applicazioni da valutare con attenzione sono quelle mediche, che pure appaiono assai promettenti sul piano diagnostico e terapeutico: dai nanodispositivi in silicio, per la somministrazione graduale dei farmaci direttamente sull'organismo malato, alle nanoparticelle di ferro che garantirebbero un'elevata qualità dell'immagine nella risonanza magnetica. Resta però da chiedersi: una volta esaurita la loro funzione, dove andranno a finire questi nanomateriali? Come verranno smaltiti dall'organismo?

È chiara l'esigenza di ricerche più approfondite. Il recente episodio avvenuto in Germania (sei persone colpite da problemi respiratori dopo aver usato lo spray per la pulizia Magic Nano) ha suonato da campanello d'allarme, anche se in quel caso le nanotecnologie sono poi risultate innocenti. Sulle nanopatologie l'Unione Europea ha avviato una serie di studi tra cui il Progetto Dipna, coordinato dalla dottoressa Antonietta Gatti del Dipartimento di Neuroscienze dell'Università di Modena e Reggio Emilia. E in novembre l'Agenzia per la Protezione Ambientale degli Stati Uniti ha iniziato a regolamentare la diffusione di nanoparticelle d'argento, usate come antibatterici nelle lavanderie, nei condizionatori d'aria, nei contenitori per alimenti: il timore è che possano venir disperse nell'ambiente con conseguenze imprevedibili.

**CONVEGNO** Se ne parlerà a Roma il 14 aprile: come regolare l'uso e il comportamento delle macchine

## Un codice etico anche per i robot

di **Paolo Gangemi**

**P**resto anche i robot avranno un codice etico, che stabilirà i loro doveri e, forse, anche i loro diritti. La nuova frontiera della «robotica» viene dalla Corea del Sud, dove il governo sta sviluppando una carta per regolamentare l'uso dei robot e il loro comportamento.

In effetti i progressi sempre più rapidi della robotica prospettano scenari che fino a poco tempo fa sarebbero apparsi fantascientifici. Già oggi i robot sono chirurghi e soldati, e fra pochi decenni potrebbero essere anche badanti o bambole sexy. Di più: ci potranno essere parti robotiche da impiantare nel corpo umano per riparare danni, ma anche per migliorare alcune funzionalità. Queste applicazioni sono tutte lecite? E se sì, chi deve pagarle? E chi deve rispondere di eventuali danni causati

dai robot? E come evitare che gli hacker riprogrammino i robot per scopi criminosi? Sono tutte questioni che saranno discusse a Roma, nell'ambito del convegno internazionale di robotica il 14 aprile, organizzato da Gianmarco Veruggio, presidente della scuola di robotica di Genova.

La prima intuizione di un codice etico per robot è dello scrittore Isaac Asimov, che nei suoi romanzi di fantascienza aveva postulato tre regole auree che i robot devono seguire tassativamente. «Quelle di Asimov però sono regole generiche - commenta Veruggio - la prima regola dice che un robot non può recare danno a un essere umano, né può permettere che, a causa del suo mancato intervento, un essere umano riceva danno. Ma stabilire cosa è bene e cosa è male è difficile per noi, figuriamoci

**La Corea del sud ha preparato una carta per stabilire diritti e doveri**

per i robot». Ecco quindi che servono norme più precise. Per questo il governo coreano ha istituito un comitato, che comprende, oltre a futurologi ed esperti di robotica, anche uno scrittore di fantascienza: insieme dovranno decidere come evitare l'uso clandestino dei robot, stabilire le responsabilità e soprattutto assicurare il controllo totale dei robot da parte dell'uomo, per scongiurare gli scenari, tipici dei film, in cui si ribellano e danno luogo a guerre sanguinose in cui spesso pren-

dono il potere e schiavizzano l'umanità. «Sono scenari puramente fantascientifici - chiarisce Veruggio - ma già adesso si pongono questioni delicate come il problema deontologico dell'uso dei robot chirurghi o la legittimità del loro uso bellico». Ma se da un lato vanno tutelati gli esseri umani, dall'altro possono sorgere interrogativi sullo status dei robot: dovranno essere considerati come soggetti di diritti o no? «Già oggi i robot sono in grado di tenere comportamenti tipici degli esseri viventi - spiega Stefano Nolfi, ricercatore dell'Istituto di scienze e tecnologia della cognizione del Cnr di Roma - possono imparare dalle esperienze, cooperare in gruppo con altri robot, e perfino selezionare atteggiamenti più o meno aggressivi in base alla situazione esterna. In futuro un robot potrebbe essere considerato alla stregua di un animale, e quindi con alcuni diritti».

**GINEVRA** Lhc In funzione da fine 2007

**Primo test per l'acceleratore del Cern**

È stato eseguito con successo al Cern di Ginevra un importante test dell'acceleratore Lhc (Large Hadron Collider) del Cern: il test del rivelatore di particelle Cms (Compact Muon Solenoid), uno fra i principali strumenti su cui ha investito l'Istituto nazionale di fisica nucleare (Infn). L'acceleratore si trova in una galleria a cento metri di profondità e lunga 27 chilometri. Al Cms spetta individuare il bosone di Higgs, la sfuggente particella che dà massa alle altre particelle.

**AVIARIA** Un convegno a Verona

**Vaccinare i volatili contro il virus H5N1**

La vaccinazione degli avicoli, associata alle altre misure di controllo, è uno strumento importante per combattere l'H5N1 a livello globale. È emerso dalla conferenza che si è conclusa a Verona. Circa 400 esperti di tutto il mondo hanno analizzato le più recenti esperienze e i risultati raggiunti dai programmi di vaccinazione condotti in molti paesi del mondo. La conferenza è stata organizzata dall'Oie, dalla Fao e dall'Istituto Zooprofilattico Sperimentale delle Venezie.

**CNR** L'impianto avvenuto la settimana scorsa

**Cuore artificiale italiano in un paziente tedesco**

Il primo cuore artificiale italiano batte nel petto di un paziente tedesco. È iniziata con successo nel Centro Cardiologico dell'Università di Bochum a Bad Oeynhausen la sperimentazione clinica del dispositivo di assistenza cardiaca Best-Beat, il primo cuore artificiale italiano nato nei laboratori Cnr di Pisa e prodotto da NewCorTec, impiantato su un paziente tedesco di 68 anni. Il dispositivo resta l'opzione più concreta come «ponte al trapianto».

**DA «NATURE»** Diminuisce il numero delle specie

**Troppi nutrienti alle piante, meno biodiversità**

Dare alle piante troppe sostanze nutritive potrebbe portare a una perdita della biodiversità. L'esperimento fatto da Stanley Harpole e David Tilman su una coltura sperimentale in California ha dimostrato che aumentando molto la quantità di nutrienti nell'acqua usata per l'irrigazione, la produttività cresceva ma contemporaneamente diminuiva il numero di specie. Le specie vincenti erano quelle che riuscivano a crescere rapidamente. La ricerca è pubblicata su «Nature».

**DA «SCIENCE»** La deriva dei continenti retrodatata?

**Una roccia di 4 miliardi di anni fa**

Una distesa di roccia di circa 4 miliardi di anni d'età è stata individuata in Groenlandia. A compiere la scoperta, alcuni scienziati della Università di Bergen, Norvegia, secondo l'articolo pubblicato su Science. L'antico strato roccioso potrebbe aver costituito un fondale marino della Terra dei primordi. La distesa è costituita da sottili «foglie» di roccia magmatica e probabilmente è il risultato della solidificazione di lava vulcanica. La scoperta farebbe retrodatare l'inizio della deriva dei continenti.