

Andrea Carobene
Laureato in Fisica e giornalista

Nanotecnologie

Il termine nanotecnologia fu utilizzato per la prima volta nel 1986 dallo scienziato americano Eric Drexler che, nel suo libro *Engines of Creation. The Coming Era of Nanotechnology* (I motori della creazione. L'era in arrivo della nanotecnologia), descrisse le possibilità aperte dalla manipolazione del mondo microscopico.

La nanotecnologia costituisce una vera e propria rivoluzione industriale, analoga a quella delle biotecnologie. Letteralmente significa tecnologia di dimensioni nanometriche ed esprime la possibilità di costruire nuovi materiali lavorando su scala nanometrica, dove un nanometro è pari a un milionesimo di metro. Grazie alle tecniche di nanotecnologia è possibile operare su singole molecole o atomi, trattandoli come se fossero mattoni distinti.

Nuove prospettive per la scienza

La nanotecnologia è una disciplina nella quale credono migliaia di aziende e centri universitari di tutto il mondo, e attorno alla quale sono in gioco interessi economici giganteschi. La possibilità di operare a livello molecolare permette difatti di concepire materiali che non esistono in natura: a livello nanometrico, infatti, le sostanze si comportano in maniera differente da come avviene a ordini di

grandezza superiori. Così, ad esempio, i nanotubi di carbonio, sostanze formate da molecole di carbonio che si aggregano in formazioni tubolari, presentano proprietà magnetiche che il carbonio «normale» non possiede e hanno una eccezionale resistenza meccanica.

A questo livello, inoltre, cadono le distinzioni classiche tra biologia, fisica e chimica. Le nanoscienze, infatti, rappresentano il punto di incontro di una pluralità di discipline differenti che comprendono la fisica quantistica, la biologia molecolare, la genetica, la chimica dei materiali e altre ancora.

Anche l'Italia sta investendo molto in questo settore. Nanotec IT, associazione italiana per la ricerca industriale, ha effettuato il primo censimento delle nanotecnologie nel nostro Paese. Secondo tale ricerca oggi vi sarebbero 93 istituti scientifici di ricerca pubblica impegnati nel settore, assieme a tre distretti per l'innovazione e a 23 aziende private. Significativi sono anche i numeri dei ricercatori coinvolti: 1.122 nel pubblico e 215 nelle aziende private. Tra il 2002 e il 2003 i soli ricercatori pubblici italiani hanno pubblicato più di 2.400 articoli scientifici. Inoltre, la ricerca italiana ha prodotto nello stesso periodo quasi 300 brevetti.

Le nanotecnologie, infatti, possono avere considerevoli ricadute industriali e le prime applicazioni sono già state realizzate. Ad esempio, nel settore informatico, queste discipline hanno permesso di realizzare dispositivi per la memorizzazione delle informazioni — come i dischi rigidi — molto più capienti e hanno consentito l'ulteriore miniaturizzazione dei circuiti.

Il settore dei nuovi materiali è però quello dove la nanotecnologia già oggi permette di realizzare i traguardi più significativi. Sono state così prodotte e messe in commercio superfici battericide, sostanze che trattengono meglio l'idrogeno per le celle a combustibile, rivestimenti ignifughi, superfici lavabili, materiali ultraresistenti e così via.

Accanto ai prodotti già in commercio, vi sono poi progetti particolarmente ambiziosi. I ricercatori della IBM stanno lavorando, per esempio, a un interruttore logico costituito da una singola molecola organica, uno strumento che può assumere i due valori 0 e 1 della logica binaria utilizzata per fare funzionare i computer. Il risultato potrebbe aprire la porta alla realizzazione dei computer organici, elaboratori basati sulla chimica del carbonio e non più su quella del silicio, con prestazioni molto superiori rispetto agli attuali calcolatori. Sono poi già stati presentati dei laser che utilizzano per la produzione della loro luce dei nanotubi di carbonio e che potrebbero in futuro sostituire gli attuali apparecchi all'arseniuro di gallio, risultando nel contempo fino a 1.000 volte più piccoli.

Un altro settore che beneficerà delle nanotecnologie è quello delle biotecnologie. Spesso, per intervenire sui geni, si utilizzano virus che trasportano materiale genetico attraverso le pareti cellulari. Alcuni ricercatori sono invece riusciti a utilizzare delle microsfele di 25 nanometri di

diametro, le cui ridotte dimensioni consentono di attraversare agevolmente le porosità della membrana cellulare.

Nel suo testo Drexel descriveva un mondo nel quale le macchine microscopiche si autoreplicavano, si autoprogrammavano ed erano in grado di riprodursi. In effetti, il settore delle micromacchine è un altro campo dove le nanotecnologie sembrano avere molto da offrire. L'obiettivo è quello di realizzare apparecchi meccanici di dimensioni molecolari formati da ingranaggi, assi di trasmissione e leve, capaci di trasferire le azioni meccaniche nelle direzioni desiderate.

Nell'aprile 2004 gli scienziati del Lawrence Berkeley National Laboratory hanno realizzato, partendo da nanotubi di carbonio, dei micronastri trasportatori che hanno lo scopo di trasferire molecole e nanoparticelle nel posto desiderato. In altre parole, è stata riprodotta una delle caratteristiche fondamentali della fabbrica automatizzata.

Del settore delle micromacchine fanno anche parte gli «ibridi biologici»: macchine microscopiche costruite assemblando molecole del mondo sia biologico sia inanimato. Il gruppo di Steve Tung, dell'Università dell'Arkansas, ha realizzato delle micromacchine spinte dai flagelli di alcuni batteri. Questi strumenti potrebbero anche agire come minivalvole all'interno di minuscoli circuiti percorsi da liquidi, un obiettivo importante per la realizzazione dei cosiddetti «*labs on a chip*», minilaboratori chimici capaci di effettuare analisi in tempi brevissimi, e che potrebbero trovare applicazioni anche in campo medico.

Al Dipartimento di bioingegneria dell'Università della California di Los Angeles è stata invece realizzata una micromacchina a motore costruita con un fram-

mento di metallo mosso da un enzima, ossia da una molecola che favorisce alcune reazioni chimiche del corpo umano. In particolare, i ricercatori si sono serviti di un enzima chiamato F1-ATPasi, che è stato collegato a un'asta di nichel: l'enzima ruotava, e l'intera micromacchina poteva avanzare nel fluido in cui era immersa. In altre parole, i ricercatori sono riusciti a creare una macchina funzionante, di dimensioni molecolari, collegando tra loro differenti componenti prese dal mondo animale e da quello minerale. Questo particolare veicolo, la cui lunghezza si aggira attorno ai 14 nanometri, usa come carburante l'adenosintrifosfato (ATP), ossia la riserva energetica delle cellule, e potrebbe essere utilizzato per esplorare l'interno del corpo umano.

L'importanza di quest'ultimo risultato è stata tale che la prestigiosa rivista *Scientific American* ha definito questa macchina come il «modello T della Ford molecolare», riferendosi a quel «modello T» che permise a Henry Ford di rendere l'automobile non più un oggetto di lusso, ma un prodotto a disposizione di tutti. Allora, ciò che fece abbassare il prezzo di vendita del «modello T» fu l'invenzione della catena di montaggio; oggi un'analoga rivoluzione potrebbe essere prodotta da tecniche capaci di costruire in automatico macchine composte da pezzi biologici e inanimati.

Rischi e implicazioni etiche

Le nanotecnologie, quindi, presentano enormi potenzialità. Tuttavia, è importante notare come ancora oggi non si sia sviluppata alcuna riflessione sistematica su questa nuova disciplina. Poche voci si sono infatti levate per riflettere su cosa può significare padroneggiare molecole e singoli atomi creando sostanze che non esistono in natura.

Per quanto riguarda le nanomacchine costruite assemblando molecole provenienti dal mondo animale e da quello inanimato, può essere interessante riprendere alcune riflessioni formulate su questa stessa rivista a proposito del termine *cyborg* (cfr CASALONE C., «Cyborg», in AGGIORNAMENTI SOCIALI [ed.], *Lessico oggi*, Rubbettino, Soveria Mannelli [CZ] 2003, 49-55). Là si sottolineava infatti l'avvento di una nuova sensibilità che porta a fare cadere le tradizionali distinzioni tra umano (o animale) e meccanico, tra naturale e artificiale. Nelle nanotecnologie, in realtà, tutto diventa artificiale e manipolabile; in una sorta di riduzionismo estremo, infatti, non esiste più alcuna differenza tra molecole provenienti dal mondo sia animato sia inanimato. Le barriere cadono perché non hanno più ragione di esistere dal punto di vista operativo e si adotta una visione esclusivamente meccanicistica del mondo, concepito unicamente come un insieme di elementi disponibili a qualunque desiderio dell'uomo, manipolabili e assemblabili a piacere.

Le nanotecnologie, tuttavia, suscitano anche altre riflessioni sul rapporto tra scienza ed etica. Questa disciplina sta infatti nascendo senza una sufficiente discussione pubblica sulle sue potenzialità e sui suoi possibili rischi. Un contributo importante è giunto a fine luglio 2004 dalla pubblicazione di un rapporto, commissionato dal Governo britannico, sui benefici e i rischi di questa disciplina. Il rapporto *Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties* (Nanoscienza e nanotecnologie: opportunità e dubbi), realizzato dalla Royal Society e della Royal Academy of Engineering, sottolineava i numerosi vantaggi che potrebbero giungere da queste tecnologie citando il campo dei nuovi materiali, i computer

più potenti e le «tecniche mediche rivoluzionarie». Il medesimo rapporto, tuttavia, suggeriva anche una serie di passi da effettuare per minimizzare possibili rischi futuri. Fra tali rischi vi sono quelli relativi al possibile rilascio nell'ambiente o nel corpo umano di nanoparticelle e nanomolecole di nuova concezione, di cui non si conoscono con esattezza i possibili effetti. Il rapporto raccomandava di applicare ai materiali nanostrutturati le stesse cautele imposte a livello legislativo per i nuovi prodotti chimici, suggerendo che la commercializzazione dei nuovi materiali fosse preceduta dall'approvazione di un apposito comitato. In altre parole, chiedeva che fossero applicate misure precauzionali su questi nuovi materiali, su cui attualmente le legislazioni dicono ben poco.

Vale forse la pena richiamare anche per questo campo, sul quale vige oggi l'incertezza scientifica, il principio di precauzione. Tale principio afferma che se si sospetta che il pericolo di un'attività, per la salute umana o l'ambiente, è superiore al livello di protezione prescelto, occorre valutare adeguatamente il rischio e prendere misure che ne consentano una gestione prudente.

Nel caso delle nanotecnologie, ci si può allora chiedere se non sia il caso di seguire la strada indicata dal rapporto del Governo britannico, istituendo commissioni *ad hoc* prima di introdurre nell'ambiente nuovi materiali di cui si conoscono poco gli effetti.

È anche interessante notare come le prime riflessioni su un'etica delle biotecnologie, apparse sulla rivista *Nanotechnology* a cura dei ricercatori del Joint Centre for Bioethics (JCB) dell'Università di Toronto, abbiano paventato il rischio che anche per questa disciplina si possa creare quel divario esistente oggi tra la comunità

scientifica e l'opinione pubblica, ad esempio sulle biotecnologie. Così, il loro intervento, intitolato non a caso *Mind the gap* (Occhio al salto), sottolineava la necessità di aprire un dibattito sulle nanotecnologie allo scopo di abituare l'opinione pubblica a queste nuove discipline.

Infine, anche per il settore delle nanotecnologie vale una serie di problematiche comuni ad altre discipline scientifiche: tra queste citiamo il problema del rapporto tra ricerca scientifica e brevetti, il fatto che molta ricerca del settore gode di finanziamenti provenienti da istituzioni militari, e il rischio di un divario crescente tra Paesi sviluppati e poveri, con l'avvento di una «nanopoverità» che verrebbe ad affiancare l'«infopoverità» (scarsità di informatizzazione) e le altre deficienze di sviluppo che affliggono la maggioranza dell'umanità.

Per saperne di più

DREXLER E., *Engines of Creation. The Coming Era of Nanotechnology*, Anchor, New York (NY) 1986.

CRANDALL B. C., *Nanotechnology: Molecular Speculations on Global Abundance*, The MIT Press, Cambridge (MA) 1996.

RATNER M. A. – RATNER D. – RATNER M., *Nanotechnology: A Gentle Introduction to the Next Big Idea*, Pearson Education, Indianapolis (IN) 2002.

POOLE C. P. – OWENS F. J., *Introduction to Nanotechnology*, Wiley-InterScience, New York (NY) 2003.

AA. VV., «Mind the Gap», in *Nanotechnology*, 3 (2003) 353-384.

AA. VV. «Nanotecnologie», in *Le Scienze*, 7 (2004) 101-111.

<www.nanotec.it>.