

**Nutraceutici transgenici:
quali opportunità per la
nostra società.**

di Claudio Malagoli

**Test genetici:
che fine ha fatto la scienza?**

di Sabina Morandi

**La sfida del futuro: speranze ed
illusioni per la scienza invisibile**

di Fabrizio Fabbri

I CONGRESSO INTERNAZIONALE

Cdg - scienza e società

la frontiera dell'invisibile:
biomedicina, nutraceutical, nanobiotecnologie



16 - 17 ottobre 2004
Lastra a Signa - Firenze
Villa Caruso Bellosguardo



**Nutraceutici transgenici:
quali opportunità per la
nostra società.**

di Claudio Malagoli

**Test genetici:
che fine ha fatto la scienza?**

di Sabina Morandi

**La sfida del futuro: speranze ed
illusioni per la scienza invisibile**

di Fabrizio Fabbri

I CONGRESSO INTERNAZIONALE

Cdg - scienza e società

la frontiera dell'invisibile:

biomedicina, nutraceutical, nanobioteologie

Nutraceutici transgenici: quali opportunità per la nostra società.
di Claudio Malagoli

Gli Organismi Geneticamente Modificati per scopi alimentari	pag 5
Gli OGM di prima generazione	pag 6
Gli OGM di seconda generazione	pag 8
Gli "alimenti funzionali transgenici"	pag 9
Aspetti normativi e di carattere generale	pag 9
Principali problematiche legate al consumo di "alimenti funzionali transgenici"	pag 13
Quali opportunità per il consumatore dagli "alimenti funzionali transgenici?"	pag 16
Sintesi conclusiva	pag 22
Bibliografia	pag 27

Test genetici: che fine ha fatto la scienza?
di Sabina Morandi

pag 29

La sfida del futuro: speranze ed illusioni per la scienza invisibile
di Fabrizio Fabbri

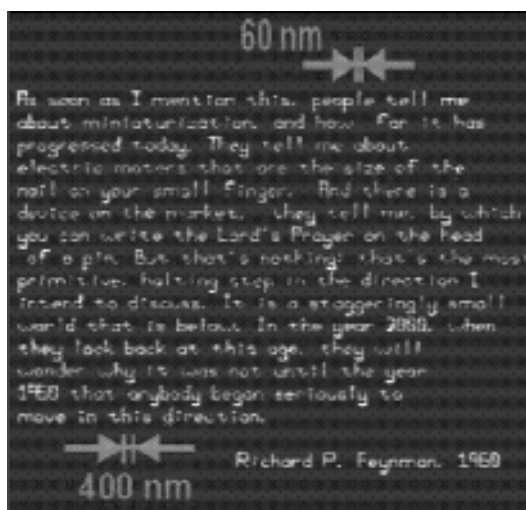
pag 35

La sfida del futuro: speranze ed illusioni per la scienza invisibile

di Fabrizio Fabbri

Segretario generale Ufficio Scientifico dell'Associazione Internazionale Medici per l'Ambiente - ISDE,
coordinamento scientifico Consiglio Diritti Genetici

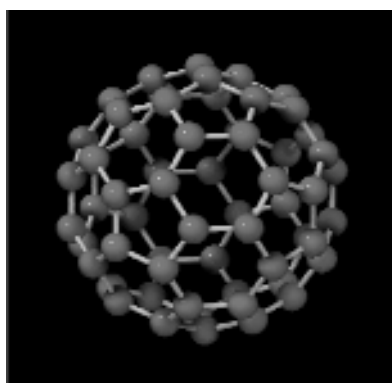
Era la fine di dicembre del 1959 quando un fisico Americano, il professor Feynman, tenne un discorso ai membri dell'American Physical Society all'Università della California che segnò l'avvio di una nuova era per la ricerca (il documento è disponibile sul sito <http://www.zyvex.com/nanotech/feynman.html>). A quei tempi i computer portatili ed i palmari erano ancora nell'immaginario ed i "calcolatori" riempivano intere stanze, ma Feynman già guardava all'infinitamente piccolo come un infinito campo da esplorare. Il fisico catturò l'attenzione dei presenti prospettando la possibilità teorica di poter ridurre e riprodurre fenomeni e persino oggetti alle dimensioni di molecole ed atomi, prospettando una maggiore efficienza e minor spreco di materia ed energia.



Nanolitografia di un passaggio del discorso di Feynman (fonte Chad A. Mirkin)

Ma il suo discorso si spinse anche oltre. Egli affermò, infatti, che non esistevano barriere teoriche alla possibilità che, per avere prodotti di dimensioni molto ridotte, si sarebbe potuto procedere alla loro costruzione dal basso, atomo su atomo, molecola su molecola fino a raggiungere dimensioni macroscopiche. Non solo. Era teoricamente possibile far sì che i piccoli "assemblatori" di molecole fossero in grado di replicarsi autonomamente aumentando il numero delle officine a disposizione; il loro lavoro in rete avrebbe permesso una produzione di beni molto più rapida ed efficiente. In effetti la costruzione di beni a partire da atomi o molecole è quanto accade in chimica, dove gli ingredienti, messi in contatto a determinate condizioni di pressione e temperatura ed in presenza di un catalizzatore, reagiscono per formare nuove molecole. Sfortunatamente, la reazione che porta al prodotto desiderato non è mai completa, e nel suo corso si producono quantità apprezzabili di prodotti indesiderati che rappresentano gli inquinanti emessi in forma solida, liquida o gassosa e che possono rappresentare un problema di qualità ambientale e sicurezza sanitaria a partire dai luoghi di lavoro e le aree attorno alle fabbriche. Inoltre, il prodotto di reazione può presentarsi poco stabile a certe condizioni esterne e contenere impurità anche al proprio interno. Gli impianti chimici sono complessi dovendo garantire condizioni fisiche particolari e lavorare sostanze molto spesso pericolose. Tutt'altra cosa sarebbe prendere le molecole e posizionarle nel modo desiderato per mezzo di quella che viene definita "meccanochimica" dove il legame chimico tra due o più atomi viene ottenuto con un posizionamento meccanico dei reagenti. Dal quel dicembre ad oggi le

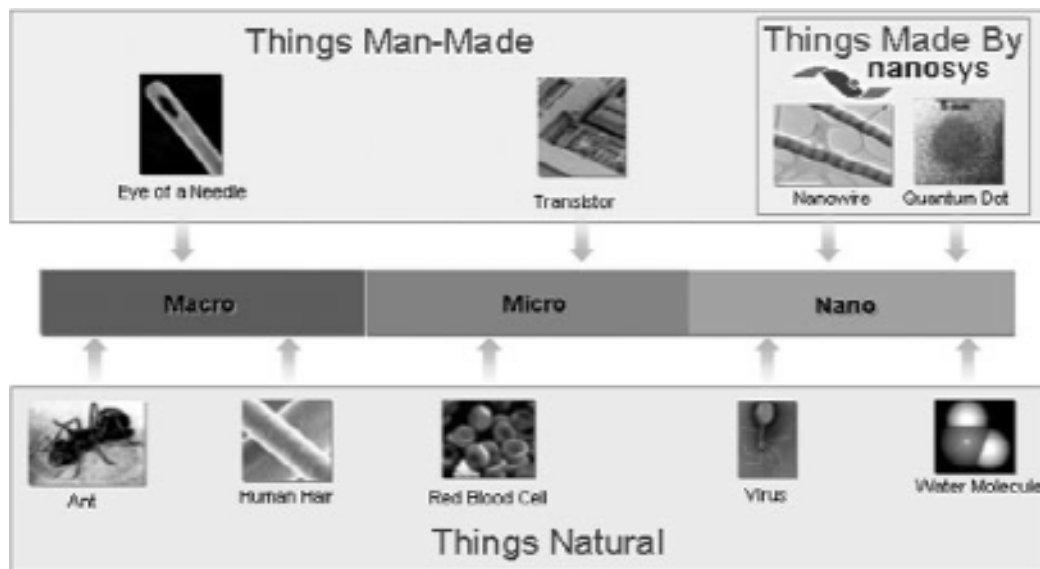
frontiere della miniaturizzazione si sono andate via via infrangendo nel campo dell'elettronica, l'informatica, le telecomunicazioni, la medicina e tanti altri settori che hanno cambiato la nostra vita quotidiana. In meno di 50 anni dal discorso di Feynman si è consumata una delle evoluzioni tecnologiche più rapide della storia. I computers sono diventati sempre più piccoli nelle dimensioni ma con accresciute capacità di processare ed immagazzinare dati. Le dimensioni degli strumenti per la diagnostica medica e la chirurgia si sono progressivamente ridotte per migliorarne le prestazioni e ridurre gli effetti indesiderati. Nel campo della comunicazione, come in quello dell'informatica, l'evoluzione è stata talmente rapida che abbiamo dimenticato che attività quotidiane, come scaricare la posta elettronica dal telefono cellulare, erano scenari da fantascienza solo una decina di anni fa. L'importanza di questi progressi non è data solo dalla loro natura eccezionale, ma anche dalla disponibilità ed accessibilità alla maggior parte dei cittadini che vivono nei paesi industrializzati. Ciò significa che la gente è stata positivamente interessata da questo tipo di sviluppo ed ha avuto modo di percepirne i benefici. Ma la riduzione progressiva delle dimensioni dei singoli componenti non è esattamente ciò che ci si aspetta dalle nanotecnologie. Nonostante il fatto che chiunque lavori in questo campo riconosca il potenziale rivoluzionario di intervenire a livelli nanometrici e sia anche convinto dell'infinità delle sue applicazioni, iniziano ad emergere posizioni diverse all'interno della stessa comunità accademica sul significato del termine. Queste divergenze sono state oggetto di uno scambio di lettere aperte tra il dottor Eric Drexler, tra i primi ad utilizzare e definire la parola "nanotecnologia" nella metà degli anni '80, ed il professor Richard Smalley, premio Nobel per la chimica nel 1996 per aver sintetizzato una molecola composta da 60 atomi di carbonio disposti come gli apici del disegno di un pallone da calcio, chiamata "fullerene" o C-60.



C60 o fullerene

Publicata su Chemical and Engineering News, questo scambio epistolare si è incentrato sulla differente visione circa la possibilità che si possa, o meno, pensare ad un approccio alle nanotecnologie interamente diverso (http://pubs.acs.org/subscribe/journals/cen/81/i48/toc/toc_i48.html). Il dottor Drexler è un veemente sostenitore dell'approccio "dal basso verso l'alto" inclusa la possibilità di progettare una nanofabbrica in grado di autoreplicarsi e di costruire parti a livello nanometrico unendole poi nel modo desiderato. La natura di questo approccio, che implica un specie di "apprendimento" da parte della fabbrica per potersi replicare, è alla base del cosiddetto "grey-goo", ovvero l'incubo che uno stormo di nanorobots "intelligenti" (o interattivi) possano scappare al controllo umano invadendo il mondo. Nonostante che la possibilità che nanomacchine autoreplicanti (o "assemblatori molecolari") non sia stata negata da Drexler, la paura maggiore viene dagli scenari fantascientifici come quelli disegnati nel libro "Preda" di Michel Chretien. Secondo il professor Smalley, al contrario, è molto poco probabile che ci possa essere un modo di assemblare molecole grandi costruendole atomo su atomo. A suo avviso, infatti, qualsiasi strumento venisse usato per "tenere" gli atomi, sarebbe comunque troppo grande. Inoltre, forze che sono poco importanti a scala maggiore, come quelle di Van der Waals, possono diventare un problema insormontabile per unire gli atomi nel modo desiderato. Secondo Smalley,

quindi, problemi di base insormontabili rendono automaticamente poco probabile che si possa arrivare a macchine con capacità di riproduzione e meno che mai in grado di sfuggire al controllo umano. La prima differenza che si nota è il diverso approccio al problema scientifico che secondo il professor Smalley è irrisolvibile stando leggi della chimica conosciute, mentre il dottor Drexler è convinto che il miglioramento dell'accuratezza degli strumenti necessari a manipolare gli atomi consentirà di superare quelle barriere che oggi sembrano insormontabili. In effetti, quando il professor Feynman fece la sua presentazione presentò alcuni quesiti scientifici irrisolti, ed intriganti, come la conoscenza della sequenza del DNA, come l'RNA si relaziona al DNA o come vengono sintetizzate le proteine, tutte domande a cui oggi sa rispondere uno studente del primo anno. Il secondo aspetto, e più rilevante, riguarda l'approccio al problema. Il premio nobel semplicemente liquida ogni possibilità che qualcosa di simile all'assemblatore molecolare sia alla portata, né ne prospetta un grande futuro su grande scala qualora dovessero essere superati gli attuali problemi fisico-chimici. Il dottor Drexler, d'altro canto, sembra pensare che questa possibilità sia solo un problema di tempo e che prima si prendono in considerazione i possibili rischi per un corretto sviluppo delle tecnologie, tanto meglio sarà per tutti. Ma, se è vero che gli assemblatori molecolari non sono dietro l'angolo, altre applicazioni incentrate sulle nanotecnologie sono già sul mercato e molte altre sono sulla via.



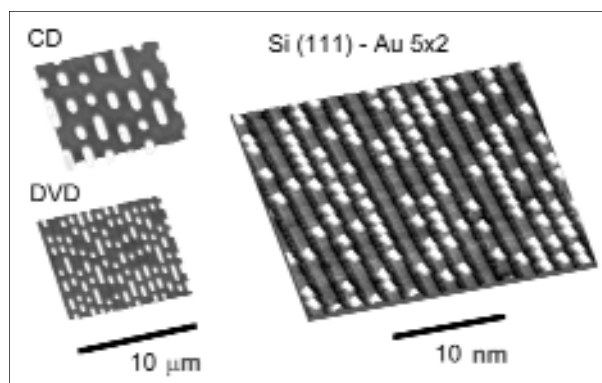
Nanotecnologie in vendita da Nanosys

Dal “Grey-goo” al “Green-goo”

Il professor Smalley, e con lui altri, sostiene che focalizzare l'attenzione su ciò che potrebbe andare male con l'applicazione delle nanotecnologie rischia di creare un atteggiamento ostile da parte del pubblico come già accaduto con gli OGM. Ciò potrebbe ripercuotersi negativamente sulla libertà di ricerca e sui finanziamenti. Se il rischio prospettato è poco verosimile che si realizzi, tanto meglio non parlarne. Nonostante ciò, sembra che le applicazioni delle nanotecnologie già disponibili sul mercato, o che lo saranno nel prossimo futuro, necessitino di una maggiore comprensione per ciò che concerne il loro potenziale impatto sull'ambiente e/o la salute umana. Ciò ha spinto alcuni gruppi (come l'ETC) a focalizzare l'attenzione sul “green-goo”, ovvero il rischio associato all'uso di prodotti nanotecnologici già commercializzati in assenza di una verifica scientifica indipendente, di un'adeguata valutazione del loro comportamento in ambiente, della conoscenza delle vie di esposizione per l'uomo, di un'adeguata infor-

mazione sul grado di sicurezza e della possibilità di individuare e tenere traccia una volta rilasciati all'aperto. Ciò che rende tutto ciò ancor più complicato è la mancanza di uno schema legislativo specifico cui fare riferimento dal momento che è stato assunto che i nanomateriali si comportano allo stesso modo degli stessi composti chimici usati in dimensioni maggiori. Tutti questi punti di debolezza hanno molte analogie con le biotecnologie e gli OGM, come vedremo in seguito.

Nonostante questo nuovo settore di ricerca abbia ricevuto un'attenzione crescente da parte di istituzioni ed aziende private solo di recente, alcuni nanomateriali sono in uso già da un paio di decenni nel campo dell'informatica dopo l'introduzione della silice come substrato per componenti elettroniche.



Comparazione della grandezza delle memorie. A destra un nanochip con densità un milione superiore a quella delle memorie dei CD o DVD (source Franz. J. Himpsel)

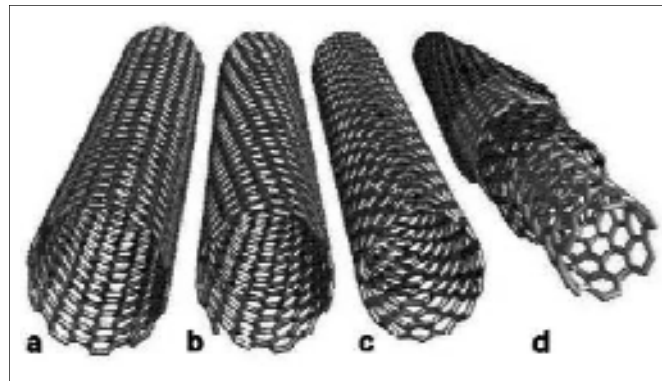
Alla fine di luglio 2004, la *Royal Society* e la *Royal Academy of Engineering* britannici hanno pubblicato un dettagliato rapporto sullo stato dell'arte delle nanotecnologie, il loro ingresso sul mercato, le loro potenzialità ed i possibili problemi che possono causare (*Royal Society and Royal Academy of Engineering, 2004. Nanoscience and Nanotechnologies*). L'intento del rapporto è quello di fornire uno strumento ai legislatori in grado di far comprendere l'entità dei possibili benefici e dei potenziali rischi. Il lavoro è stato svolto con il coinvolgimento di un gran numero di persone dal mondo accademico, quello industriale, delle istituzioni e delle NGO che hanno contribuito a dipingere lo scenario attuale e a proporre azioni concrete per il miglior sviluppo del settore.

Estensione del problema

È facile prevedere che in un prossimo futuro molte attività umane saranno influenzate, in un modo o in un altro, dalle nanotecnologie. Molte applicazioni si trovano nel loro stadio iniziale di sviluppo dal momento che problemi tecnici stanno ritardando la maggior parte delle applicazioni volute o sperate. Ciononostante, molti laboratori, aziende private e singoli scienziati sono tanto entusiasti sull'infinità di possibili applicazioni che hanno già iniziato ad offrire risultati che, semmai ci saranno in futuro, oggi ancora non ci sono. Al pari dell'effetto paura del grey-goo, false, o non verificate, promesse possono innescare aspettative destinate a fallire nel lungo termine. Ciò, di conseguenza, potrebbe ridurre la confidenza del pubblico verso la scienza nel suo complesso ritardando l'applicazione in settori possibili, utili e verificati. Questo è il motivo dell'estrema importanza di governare le nanotecnologie che significa non solo indirizzare la ricerca, ma anche fornire una comunicazione obiettiva e verificata, coinvolgere il pubblico, sviluppare una capacità critica, sviluppare una resistenza alla commercializzazione precoce in assenza di tutte le misure di garanzie e sicurezza e la volontà di individuare i punti deboli dei processi e dei prodotti.

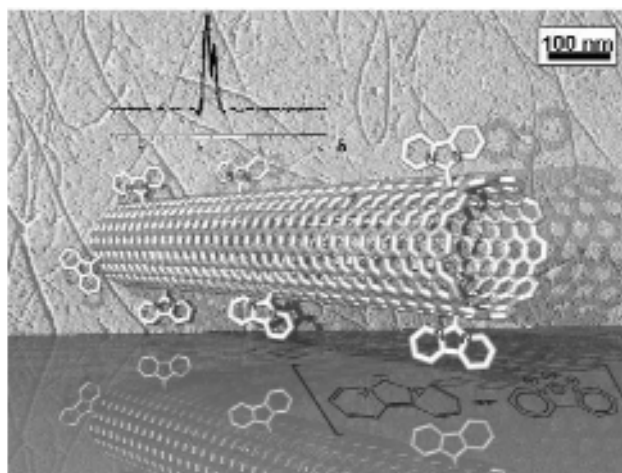
La scienza di domani nei prodotti di oggi

Sin dagli anni '80, alcuni nanomateriali sono stati utilizzati specialmente nel campo delle telecomunicazioni, dell'informatica e dell'elettronica. Strati dello spessore di un singolo atomo sono da tempo in uso in molti apparecchi compresi i circuiti integrati e le superfici attivate usate in chimica. I vantaggi del loro uso sono da ricercare nella maggiore reattività della superficie esterna e la capacità di auto assemblarsi su un dato substrato. Nanotubi di carbonio sono stati scoperti all'inizio degli anni '90 e rappresentano un esempio di nanoparticella bidimensionale, mentre la terza può raggiungere lunghezze di millimetri o più. Possono essere prodotti come singoli tubi (nanotubi a parete singola o SWNT) o multipli assemblati come componenti di un'antenna telescopica (nanotubi a parete multipla o MWNT).



Single walled (a-c) and multiple walled (d) nanotubes

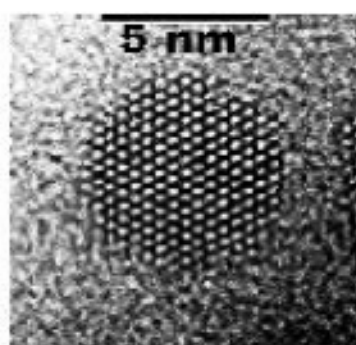
Le proprietà fisiche dei nanotubi sono molto promettenti dal momento che possono rappresentare il materiale di base per la costruzione di manufatti da 50 a 100 volte più duri dell'acciaio con un peso pari ad 1/6 mantenendo al contempo una capacità di flessione lungo l'asse longitudinale. Inoltre, modificando la loro tessitura si possono presentare con proprietà di conduzione da metallo o da semiconduttore. I nanotubi di carbonio vengono già prodotti su scala commerciale nella quantità di circa 100 tonnellate/anno di MWNT, di 9 tonnellate/anno per gli SWNT e 50 t/anno di nanofibre. Ma l'aumento della loro produzione è dietro l'angolo soprattutto per i MWNT di cui ci si aspetta un raddoppio entro il 2006 ed un incremento di 4 volte entro il 2008. Nel settore dei nanocomponenti tridimensionali si collocano le nanoparticelle come i fullereni,



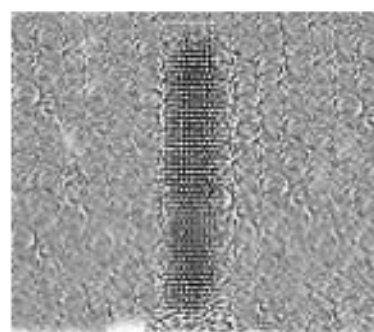
SWNT funzionalizzato

Queste sono state recentemente prodotte su scala commerciale nonostante le capacità produttive siano ancora molto ridotte. Il loro campo di applicazione è già molto vasto e spazia dai lubrificanti a quello dei vettori per farmaci e dell'elettronica facendo dei fullereni composti candidati ad una rapida ascesa produttiva nel giro di qualche anno. Allo stato attuale, comunque, le nanoparticelle più importanti dal punto di vista commerciale sono gli ossidi di metalli quali titanio, zinco, ferro e di silice che sono già impiegati in prodotti commerciali. Sono disponibili in forma essiccata o in sospensione liquida e sono stati estensivamente applicati a numerose produzioni. Nanoparticelle di biossido di titanio (TiO_2), ad esempio, sono prodotte in quantità di 1.000-2.000 tonnellate/anno per l'industria cosmetica dove vengono impiegate per le proprietà di bloccare i raggi UV lasciando passare le altre frequenze. Il biossido di zinco (ZnO_2) viene usato per lo stesso scopo mentre strati di nanoparticelle sono stati usati per produrre vetri autopulenti o per produrre fibre tessili con migliorate qualità. Inoltre, nanoparticelle e/o nanotubi possono essere aggiunti ad altri substrati per formare dei polimeri compositi con migliorate proprietà come la conducibilità, o come agenti fissanti come accade nell'industria dei pneumatici. Alcune nanostrutture sono già impiegate e vendute in campo medico negli USA, come il caso di bende contenenti nanoparticelle di argento che rilasciano ioni del metallo con proprietà biocide nei confronti di oltre 150 agenti patogeni. I "quantum dots" o nanocristalli, sono parti nanometriche di semiconduttori che reagiscono ad impulsi esterni emettendo, o assorbendo, diverse lunghezze d'onda a seconda delle loro dimensioni.

I quantum dots hanno trovato la loro applicazione nella diagnostica dove sono stati utilizzati con successo per visualizzare le funzioni cellulari. La loro alta selettività nell'assorbimento della luce è stata utilizzata per migliorare le prestazioni delle celle fotovoltaiche, mentre le ottime proprietà di conduzione ne hanno fatto un buon materiale per la produzione di nanocavi



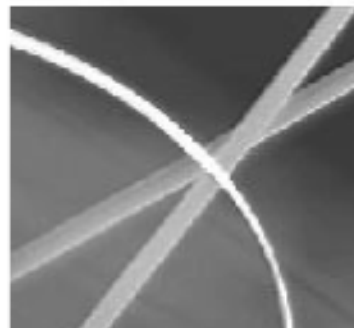
Spheres



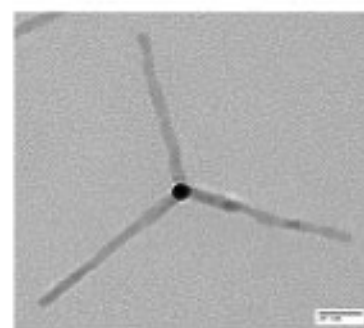
Rods



Wires

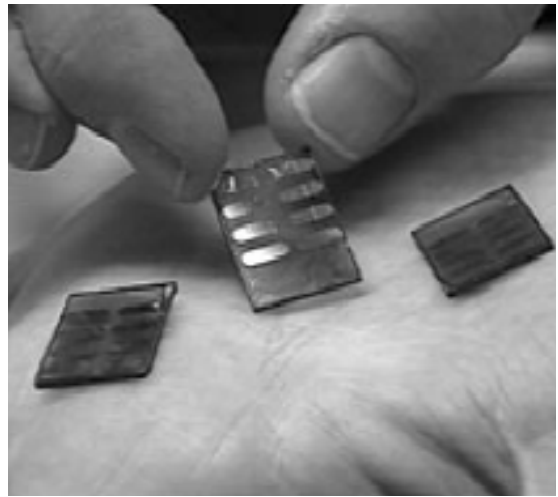
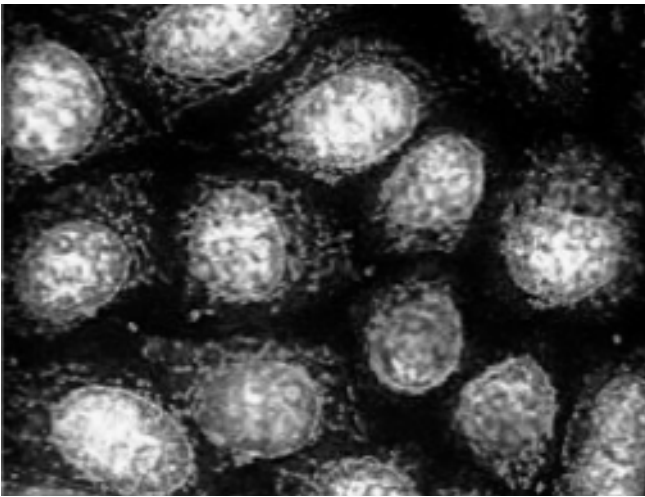


Ribbons



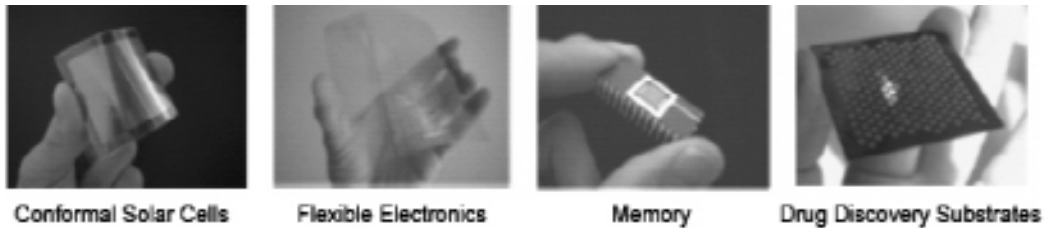
Tetrapods

Nanoparticelle di seleniuro di cadmio in diversi assemblaggi (Picture by Nanosys)



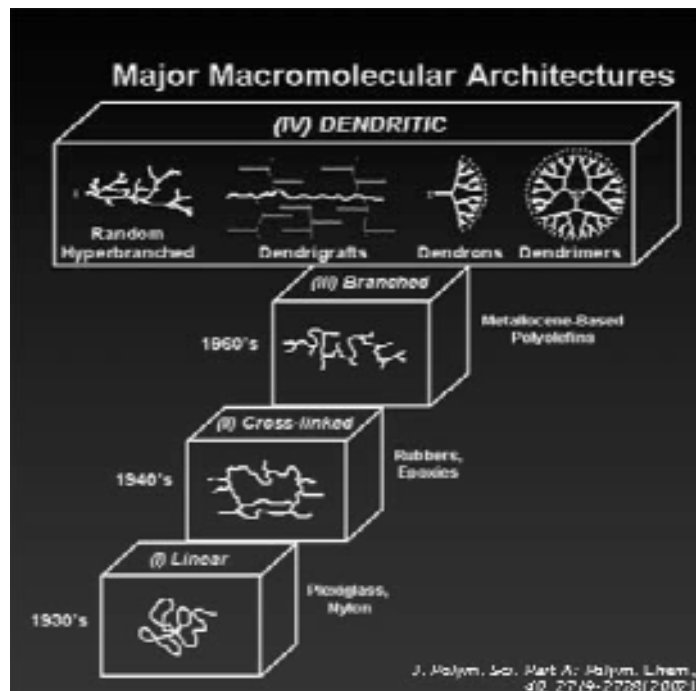
Quantum dots (foto Quantum Dots Corporations) e barre di seleniuro di cadmio in una cella fotovoltaica (foto Nanosys Corp.)

Inoltre, i quantum dots sono già disponibili sul mercato nelle loro forme coniugate ad alcune proteine .

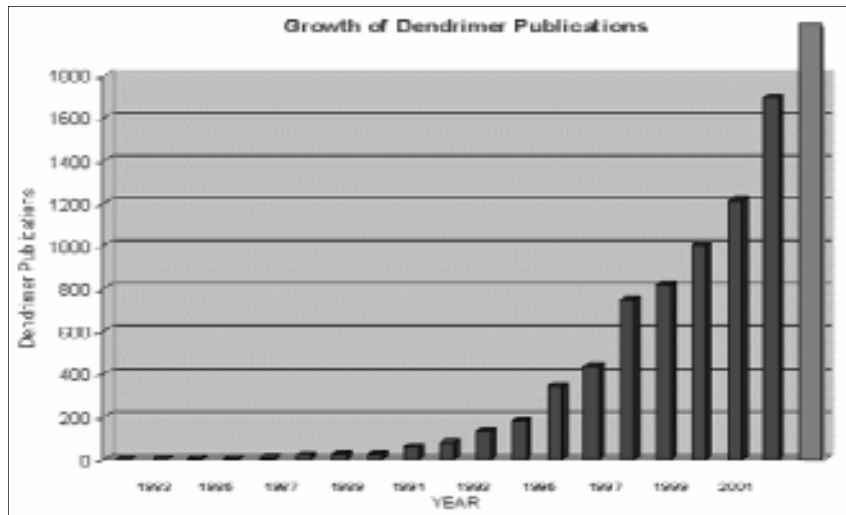


Alcune possibili applicazioni dei quantum dots proposti da Nanosys

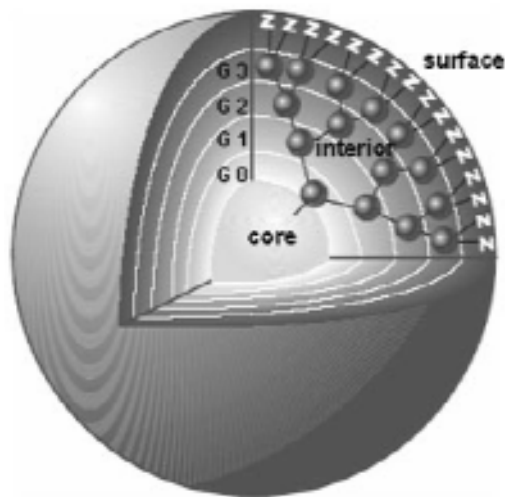
I dendrimeri sono strutture sferiche assemblate secondo un preciso ordine gerarchico dal centro verso l'esterno e sono già usati come additivi in vernici o per rivestimento. La loro espansione è destinata a crescere come dimostra l'andamento nel corso degli ultimi anni.



Comparazione di differenti polimeri (fonte Dendritic NanoTechnologies)

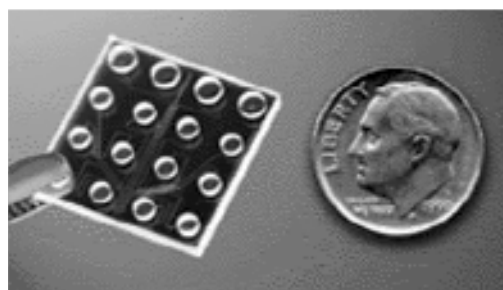


Andamento delle pubblicazioni sui dendrimeri (fonte Dendritic NanoTechnologies)



Un dendrimero (fonte Dendritic NanoTechnologies)

Per quanto riguarda le applicazioni delle nanotecnologie nei sistemi di monitoraggio, grandi aspettative vengono riservate ai cosiddetti laboratori su chip, dispositivi di ridottissime dimensioni in grado di rilevare un gran numero di molecole molto velocemente e con un'efficienza elevata.

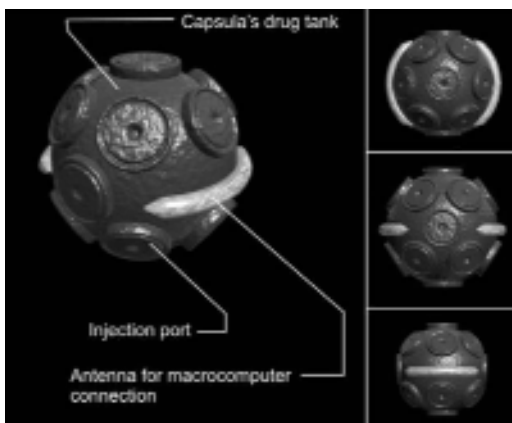


Lab on a chip (foto Agilent Technologies)

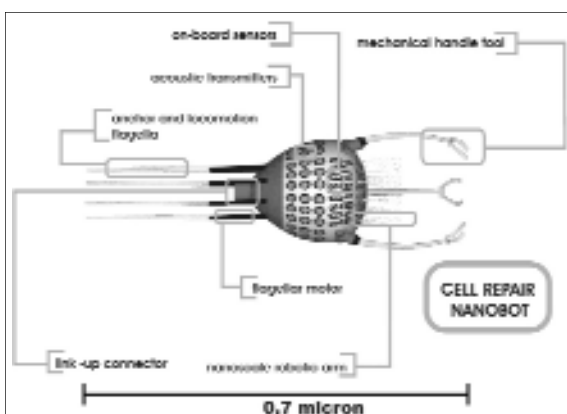
Cosa ci riserva il futuro

Anche se molte applicazioni sono ancora in fase di sviluppo, i progressi nel campo delle nanotecnologie procedono in fretta. I problemi per un'ulteriore espansione di queste tecnologie sono dovuti ad un miglior controllo delle condizioni chimiche e fisiche, l'affidabilità degli strumenti di misura, la riproducibilità di singoli eventi, la calibratura, i sistemi di rilevamento ed in generale di realizzare strumenti appropriati alla necessità di controllare processi su scala nanometrica. Discipline diverse, quindi, concorrono a realizzare le speranze e singoli progressi in ciascuno dei campi elencati, ed altri ancora, possono portare ad eguali miglioramenti in altri settori. Nanomateriali sono già sul mercato, o in procinto di entrarci, come additivi per vernici, lubrificanti, catalizzatori, celle a combustibile, per aumentare la capacità di immagazzinamento energetico delle batterie, per produrre schermi ultrapiatti ad alta risoluzione o per produrre polimeri composti con elevate proprietà elettromeccaniche. A più lungo termine, comunque, i settori più promettenti sono quelli militari, della sicurezza e della medicina. Ricerche in campo militare sono in corso presso il Massachusetts Institute of Technology (MIT) dove il Pentagono ha finanziato l'Institute for Soldier Nanotechnologies, con un 50 milioni di dollari in cinque anni per sviluppare diversi progetti. Al momento sono state avviati 9 diversi macroprogetti per la realizzazione di nuove divise da combattimento resistenti agli urti ed ai colpi diretti, per sviluppare polimeri in grado di rilasciare farmaci o cambiare struttura per aumentare la pressione sulle ferite, per sviluppare biosensori per l'individuazione precoce di agenti chimici o batteriologici, per costruire nanofonderie in grado di realizzare nanostrutture ed altro ancora. Secondo alcuni analisti, (<http://www.zyvex.com/nanotech/nano4/jeremiahpaper.html>) le applicazioni militari delle nanotecnologie hanno un potenziale impatto sulla supremazia internazionale superiore a quello dato dagli ordigni nucleari.

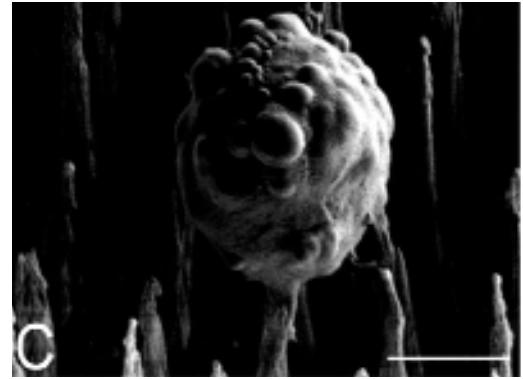
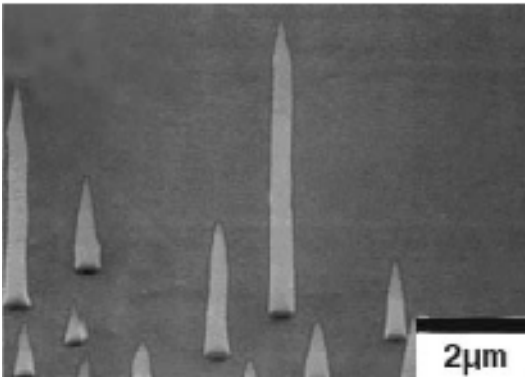
Il settore sanitario è l'altro ad avere un grande potenziale di sviluppo. Nanoparticelle potranno presto trovare applicazione come agenti veicolanti per la somministrazione di farmaci mirati, mentre nanoroboti controllati dall'esterno potranno effettuare interventi di nanochirurgia aumentando l'efficienza e riducendo i rischi.



Nanoparticelle per la somministrazione di farmaci (fonte Foresight Institute)



Schema di un nanobot per la riparazione cellulare (fonte Foresight Institute)

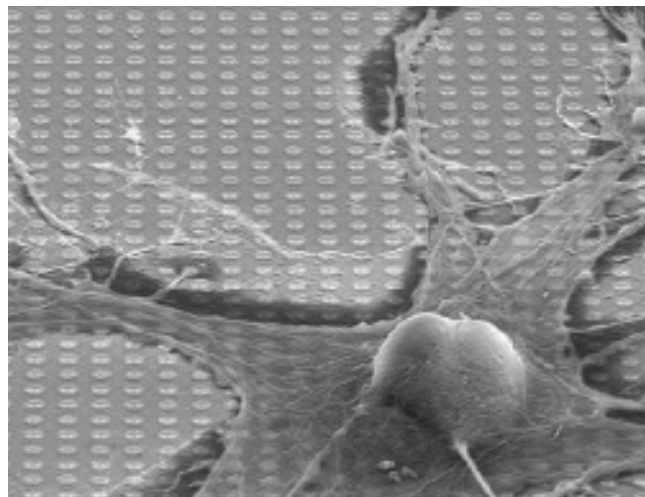


Nanotubi a crescita verticale (sinistra) (fonte Z.F.Ren et al.) possono essere usati per l'inserzione di geni all'interno della cellula (destra) (fonte Timothy E. McKnight)

La maggior parte delle applicazioni future si baseranno sulla convergenza di nanomateriali e molecole organiche che funzioneranno come motori molecolari, come chiavi d'ingresso per entrare nelle cellule, come impalcatura per la costruzione di molecole complesse o se ne sfrutteranno le capacità di organizzazione spaziale degli atomi per costruire molecole ibride.

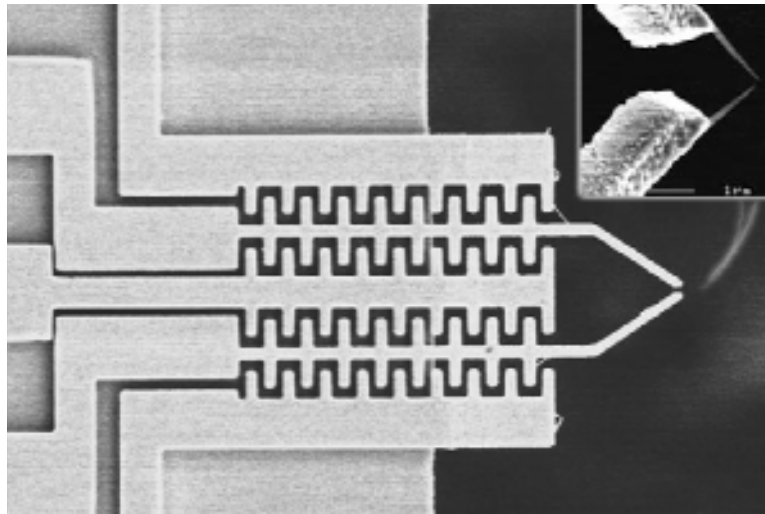
Ragioni di speranza

Con l'avanzare della tecnologia aumentano anche le aspettative. L'applicazione delle nanotecnologie potrebbe far migliorare i trattamenti terapeutici, e forse risolvere, alcune delle patologie più gravi come quelle degenerative del sistema nervoso centrale, il tumore o le malformazioni congenite. La visualizzazione di alcuni fenomeni subcellulari è già stata resa possibile dall'uso di quantum dots e quello che ci si aspetta per il futuro è molto più promettente.

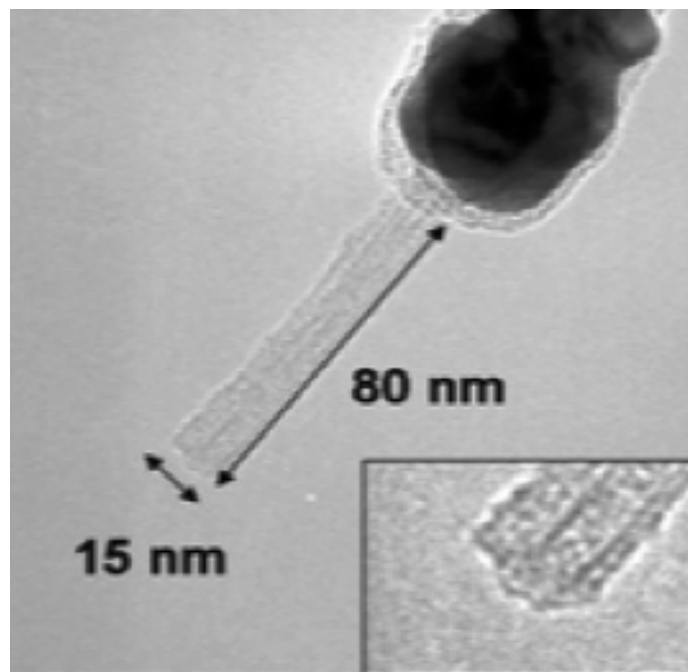


Neurone su un chip (fonte P. Fromherz)

Innovazioni nel campo dei nanofluidi, nella realizzazione di motori molecolari, la costruzione di nanotubi attivati per la filtrazione selettiva sono già aspettative del prossimo futuro. L'ulteriore miglioramento degli strumenti necessari alla ricerca porterà ad un'accelerazione per applicazioni cruciali nella diagnosi precoce, per trattamenti mirati, per la nanochirurgia, e per una migliore comprensione dei fenomeni biologici.



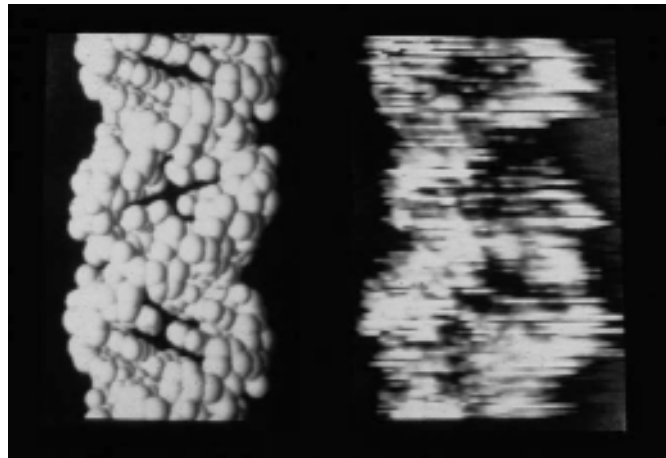
Un nanotweezer (fonte Peter Boggild)



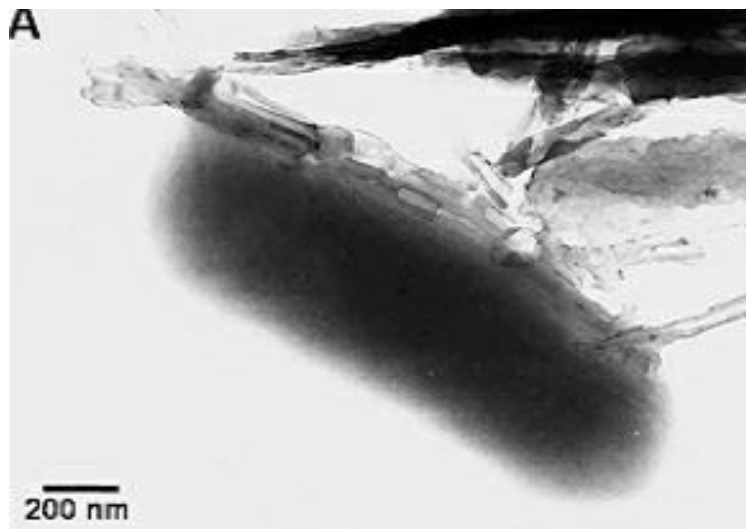
Un nanotubo all'apice di un microscopio a forza atomica (fonte C. Patrick Collier)

La loro applicazione offrirà altre opportunità alla terapia genica fornendo strumenti che potrebbero migliorare considerevolmente il tasso di successo degli interventi, e lo stesso vale per l'efficacia dei farmaci. La nanochirurgia ha alte probabilità di rivoluzionare il settore offrendo soluzioni oggi impensabili, mentre le proprietà delle nanoceramiche potranno rilevarsi preziose per la realizzazione delle protesi. Non esistono praticamente limiti alle possibili applicazioni delle nanotecnologie ed è molto verosimile pensare che gli ostacoli che si presentano oggi potranno essere risolti dall'interazione di differenti disci-

pline. In sostanza le nanoscienze hanno tutti i requisiti per portare ad un netto miglioramento della vita, ma solo fintanto che rispetteranno delle regole di base. Come ogni progresso scientifico, anche le nanotecnologie non sono né buone né cattive in sé, ma molto dipende dall'uso che i decide di farne.



Una "foto" del DNA con lo Scanning Tunneling Microscope (fonte John. D. Baldeschwieler)



Nanotubi sulla parete ed in fase di penetrazione nel batterio E. coli (fonte University of Pittsburgh School of Medicine)

Ragioni di cautela

In diversi rapporti, compreso quello delle due istituzioni britanniche, sono stati avanzate ragioni di preoccupazione. Anche senza voler considerare lo scenario peggiore del grey-goo, è stato accertato che nanoparticelle, come il fullerene, sono capaci di entrare nelle cellule dove tendono ad accumularsi con il tempo. Sembra inoltre essere in grado di attraversare la barriera cerebrale anche se non si conoscono gli effetti derivanti dal loro accumulo nel cervello. Altre nanoparticelle, come quelle di TiO_2 e ZnO_2 sono già in uso in alcuni prodotti cosmetici come creme solari o rossetti nonostante manchino i dati completi sulla loro sicurezza. Mentre il TiO_2 è stato testato per verificare la sua capacità di passare attraverso la pelle, dando risultati negativi, i dati per l'ossido di zinco non sono ancora disponibili. Inoltre,

anche per l'ossido di titanio i test sono stati eseguiti su pelli non danneggiate, prive di ferite o abrasioni che potrebbe rappresentare una via di penetrazione facilitata delle nanoparticelle. Un'altra ragione di preoccupazione nelle applicazioni cosmetiche riguarda la mancanza di dati indipendenti sulla sicurezza del prodotto. Gli unici dati disponibili forniti dalle aziende produttrici sono stati pubblicati su riviste scientifiche prive del comitato di verifica della qualità della ricerca lasciando ogni valutazione sulla garanzia dell'innocuità del prodotto nelle mani dei produttori.

Per ciò che concerne i nanotubi, la loro somiglianza con le fibre di amianto lascia sospettare una simile analogia anche dal punto di vista tossicologico. Entrambi possono essere facilmente inalati, possono fermarsi a lungo nei polmoni ed hanno una forma che facilita l'insulto cellulare che, nel caso dell'amianto, può portare allo sviluppo del tumore. Nonostante sembra che al momento le nanofibre si presentino in aggregati, riducendo in tal modo la loro capacità di attraversare la membrana cellulare, è impossibile dire se in futuro verranno o meno rilasciati in ambiente in forma di singole fibre.

Inoltre, i ricercatori ed i tecnici che lavorano nei laboratori privati o nelle aziende produttrici potrebbero essere esposti a concentrazioni eccezionali di nanoparticelle e/o nanotubi comunque molto superiori a quelle del resto della popolazione. Per quanto riguarda la possibilità di inviare dei nanorobot all'interno del corpo umano, secondo Robert Freitas (*Robert A. Freitas Jr., Nanomedicine, Volume IIA: Biocompatibility, Landes Bioscience, Georgetown, TX, 2003*), si possono attivare tre diversi tipi di shock, l'anafilattico, l'asettico ed il meccanico nonostante, secondo l'autore, intervenendo sul progetto sia possibile mitigare i rischi.

Le lezioni del passato

Come anticipato, esistono diverse similitudini tra i processi decisionali applicati prima alla chimica, successivamente alle biotecnologie, in particolare gli OGM, ed ora le nanotecnologie. Come per la maggior parte delle molecole di sintesi attualmente in commercio, gli unici dati tossicologici sui nanomateriali, o la maggior parte di essi, sono stati forniti dalle aziende di produzione coinvolte nella loro commercializzazione e non sono stati pubblicati su riviste scientifiche dotate di un comitato di revisione. Inoltre, quando sono state fatte valutazioni di merito, sono stati applicati i dati tossicologici della molecola senza tenere in considerazione la riduzione delle dimensioni. In realtà ogni composto a scala nanometrica presenta una maggiore superficie di contatto esterna comparata con lo stesso quantitativo aggregato in dimensioni maggiori. Ciò comporta una maggiore reattività e, in ultima analisi, del grado di pericolosità. È importante notare come la chimica e le industrie chimiche si sono sviluppate nei decenni passati seguendo lo stesso percorso di inaccuratezza. Nuove molecole sono state riconosciute come innocue salvo prova contraria. Quando ciò è accaduto, ci sono voluti comunque decenni prima di vederne vietata la produzione e per molti di loro non è mai cessata del tutto. Questo approccio non ha consentito il rispetto di regole universali sulla prevenzione ed è costato vite umane tra i lavoratori, le persone che vivono attorno agli impianti ed i consumatori. Oltre l'aspetto etico, l'intero costo sociale è molto alto dal momento che la maggior parte delle aree industriali è fortemente contaminata ed i costi per le bonifiche sono esorbitanti e spesso finiscono per essere pagati con soldi pubblici. Evitare di studiare il comportamento delle molecole usate in forma nanometrica potrebbe portare ad effetti non voluti, impreveduti e non prevedibili. Uno sbaglio simile è stato fatto in merito alla valutazione degli OGM che sono stati riconosciuti come "sostanzialmente equivalenti" alle varietà di provenienza. In entrambi i casi l'introduzione del concetto di "equivalenza" ha seguito più le necessità del mercato che fondati dati scientifici. A tal riguardo, sembrano molte le somiglianze tra nanotecnologie e GMO in rapporto alla loro dipendenza dal mercato. Dal momento che sono entrambi tecnologie costose, la pressione di produttori per applicazioni commerciali è molto forte.

Per dare un'idea dell'importanza di questo settore di ricerca basti pensare che i fondi di ricerca governativi degli USA sono passati dai 116 milioni di dollari nel 1997 agli attuali 710 milioni (+512%). Nel settembre del 2004, la National Science Foundation ha stanziato altri 69 milioni in cinque anni per finanziare altri 6 laboratori che si vanno ad aggiungere ai precedenti 8 avviati nel 2001. In Europa occidentale, tra il 1997 ed il 2002 si è registrato un incremento dei fondi destinati alla ricerca sulle nanotecnologie da 126 milioni di dollari a circa 400 milioni (+220%), mentre in Giappone nello stesso periodo si è passati da 120 milioni a 650 milioni (+450%). Dando uno sguardo all'andamento complessivo, tra il 1997 ed il 2002 i fondi governativi sono cresciuti di 4 volte (*Arnald, A.H.2003. Future Technologies, today's choices. Greenpeace Environmental Trust*). Da una stima del 2002 (http://www.cientifica.info/html/docs/NOR_White_Paper.pdf). A livello mondiale esistono 455 compagnie pubbliche e private, 95 investitori e 271 istituzioni governative, comprese le università, coinvolte nello sviluppo di nanotecnologie. I brevetti rilasciati a prodotti riferiti alle nanotecnologie sono passati da 28 nel 1981 a 180 nel 1998 (*Compano, R. and Hullman, A. 2002. Forecasting the development of nanotechnology with help of science and technology indicators. Nanotechnology, 13 (3): 243-7*), mentre alcuni analisti indicano in 600 milioni di dollari l'attuale valore di mercato delle nanotecnologie con una previsione di raggiungere un trilardo in un decennio (<http://www.dti.gov.uk/innovation/nanotechnologyreport.pdf>). È generalmente riconosciuto che i due settori con più rapido ammortamento dei costi saranno quello medico e quello dell'informatica. Un'azienda privata legata al MIT, la NanoC, ha recentemente avviato la produzione di fullereni con l'intento di ridurre i costi fino a 50 centesimi/grammo rispetto agli attuali 20 dollari. Una sua compagnia partner, la C Sixty, sta lavorando ad una possibile applicazione di fullereni modificati da usare per la rimozione dei radicali liberi causa di alcune malattie degenerative del sistema nervoso centrale come il morbo di Alzheimer, di Geherig o di Parkinson. Con la riduzione dei costi, l'uso dei fullereni è destinato a crescere in quei settori che ne fanno già uso come l'industria dei lubrificanti, delle vernici o tessile. Ma siamo preparati a gestire correttamente, cioè di riconoscere, quantificare e controllare un possibile aumento del rilascio di nanoparticelle? Se numero di nanoparticelle presenti in ambiente dovesse crescere, quale sarà l'impatto sugli organismi viventi, uomo incluso? È possibile che la produzione industriale di nanoparticelle possa porre problemi diversi (diversa tossicità, nuove vie di ingresso negli organi e nei tessuti) da quelli già esistenti per gli inquinanti atmosferici come le PM 10, 2,5 ed 1 comunemente presenti nei centri urbani?

Nanodivide ed altre preoccupazioni etiche

Oltre ai problemi di carattere ambientale e sanitario, l'espansione delle nanotecnologie pone altri problemi che meritano eguale considerazione. La rivoluzione digitale ha certamente coinvolto il mondo intero, ma larghe fette della popolazione mondiale non ne hanno tratto alcun beneficio. Il risultato del diverso accesso alla rivoluzione digitale ha creato un differenziale di crescita soprattutto individuale. Questo non è difficile da comprendere se si considera che circa un terzo della popolazione mondiale non ha ancora accesso ad approvvigionamenti elettrici minimi necessari a garantire i servizi di sussistenza. Senza dubbio, la differenza tra i paesi più ricchi ed industrializzati ed i più poveri è tale che progressi tecnologici come quelli nel campo delle nanotecnologie rischiano di rimanere appannaggio esclusivo di una minoranza, ovvero quell'8,6% di popolazione mondiale che vive nelle ricche democrazie occidentali. E anche al loro interno ci sarà una minoranza della popolazione, la più povera, che non trarrà benefici dalla nanorivoluzione. È importante tenere in considerazione che centinaia di milioni di persone non hanno accesso ad alcuna forma di trattamento profilattico per combattere malattie per noi banali, come le gastroenteriti o altre patologie derivanti dal consumo di acqua contaminata per assenza di servizi igieni-

ci. È probabile ipotizzare che per costoro non sia importante che si possano usare nanocapsule per veicolare i farmaci dove servono, perché loro i farmaci non li hanno. Almeno per il prossimo futuro è poco probabile che anche quelle nanotecnologie che potrebbero realmente migliorare la qualità della vita dei più poveri, vengano impiegate dove ce n'è bisogno. Ciò è in accordo con la previsione secondo cui le applicazioni con il più rapido rendimento saranno quelle per le quali il costo non rappresenta un limite per il loro utilizzo. Inoltre, come già accaduto con gli OGM, la scoperta di nuove nanostrutture potrebbe innescare una nuova corsa ai brevetti di molecole ed atomi. È importante ricordare che una società canadese ha già presentato la richiesta di brevettazione del fullerene o C-60 (Arnald, A.H.2003. *Future Technologies, today's choices*, . Greenpeace Environmental Trust pg. 7).

Nel 1999, i fullereni sono stati rinvenuti in un meteorite caduto in Messico trant'anni prima (*Anche la natura sintetizza il fullerene. La forma più strana del carbonio scoperta nei resti di un meteorite. Le Scienze on line 15.07.1999*). La presenza in natura del C-60 ed altre molecole complesse con un numero di atomi di carbonio fino a 400, dovrebbe essere motivo sufficiente per negare il brevetto dal momento che porrebbe i fullereni tra i composti scoperti e non inventati come invece richiesto per la concessione dei diritti di proprietà intellettuale. Lo stesso problema sulla copertura brevettuale ha interessato le biotecnologie e l'ingegneria genetica. È importante ricordare che diversi scienziati hanno evidenziato il rischio che i brevetti concessi a geni o loro sequenze possono impedire l'accesso alle cure per molti pazienti (*Econexus and Genewatch, 2001. Patenting genes: stifling research and jeopardising health-care; Henley, J. Cancer unit fights US gene patent. The Guardian, November, 15 2001*). Concedere brevetti su molecole potrebbe portare ad ulteriori restrizioni nella condivisione dei benefici a livello internazionale ed all'interno dei singoli paesi emarginando i meno abbienti.

Un'altra ragione di preoccupazione è data dall'impatto della possibile convergenza tra nanotecnologie e tecnologie informatiche per la garanzia della privacy individuale. La realizzazione di complesse connessioni remote applicate a beni commerciali potrà garantire un miglior controllo della qualità ma potrebbe anche essere usato per controllare gli usi dei consumatori o raccogliere informazioni private senza permesso.

Governare le nanotecnologie

Le nanotecnologie attireranno sempre maggiori attenzioni nel futuro dal momento che rappresentano il più affascinante settore di ricerca che coinvolge diverse discipline. Siamo prossimi a cambiare la nostra percezione della vita, vicini ad oltrepassare il confine riservato alla fantascienza. Le nanotecnologie possono avere un benefico impatto sulla società e possono offrirci l'opportunità di far fronte ai problemi più urgenti come sconfiggere malattie o fornire energia a tutta la popolazione mondiale. È egualmente chiaro, però, che possono porci di fronte a nuovi problemi ambientali, sanitari, etici ed economici. È pertanto necessario che in questa fase iniziale ognuno giochi il suo ruolo con la massima responsabilità. Il pubblico deve essere considerato parte in causa in quanto, pur non avendo ruolo negli investimenti del settore, è il destinatario finale delle applicazioni commerciali.

Pur trovandosi ancora in uno stadio iniziale di sviluppo, i nanomateriali sono già in prodotti di mercato, come per i liposomi nelle lozioni topiche ed il diossido di titanio nelle creme solari della Procter & Gamble e de L'Oreal (Mazzola, L., 2003. *Commercializing nanotechnologies. Nature Biotechnology, 21 (10):1137-1143*).

È importante quindi avviare da subito un dialogo pubblico con i soggetti più coinvolti come associazioni ambientaliste, di consumatori, di medici, di gruppi per la cooperazione ed aiuti allo sviluppo, e più in generale coinvolgere il pubblico in questa fase iniziale. Ma come è realisticamente possibile? Senza dubbio, è indispensabile che si forniscano le informazioni necessarie a far comprendere, ad un pubblico non

informato, qual è l'argomento su cui si chiede di intervenire. La Commissione Europea ha condotto una ricerca on-line (<http://www.nanoforum.org>) chiedendo agli addetti ai lavori del mondo delle nanotecnologie la loro opinione su questioni strategiche per il loro sviluppo e controllo.

Un primo sondaggio condotto in Europa da Eurobarometro nel 2003 mise in evidenza che la maggioranza degli intervistati non sapeva rispondere alla domanda se le nanotecnologie avrebbero o meno avuto un impatto positivo sulla società entro 20 anni.

Tra quelli in grado di rispondere, la maggioranza pensava che le nanotecnologie avrebbero avuto un impatto positivo. In una ricerca analoga promossa dal National Geographic ed la National Science Foundation, il 57% di quelli che avevano risposto credeva che le nanotecnologie avrebbero migliorato la qualità della vita. La Royal Society, per rendere la consultazione più completa, ha commissionato un sondaggio pubblico per verificare lo stato di conoscenza delle nanotecnologie in un campione di 1005 persone. Il risultato indica che solo il 26% degli intervistati aveva sentito parlare delle nanotecnologie con gli uomini più informati delle donne, i giovani più degli anziani, i più facoltosi più dei poveri. Circa il 66% tra quelli in grado di dare una definizione al termine si è generalmente riferito alla miniaturizzazione, l'informatica, l'elettronica e la medicina. Tra questi, il 68% pensa che le nanotecnologie porteranno benefici entro 20 anni, il 13% pensa che dipenda dall'uso che se ne farà mentre il 4% ritiene che le cose peggioreranno (*Royal Society and Royal Academy of Engineering, 2004. Nanoscience and Nanotechnologies*).

Il Centro per i Diritti Genetici (CDG) nell'ambito del workshop sulle nanotecnologie, ha commissionato un'indagine di opinione alla SWG che ha approntato un questionario per verificare lo stato di conoscenza sulle nanotecnologie tra gli italiani. Similmente a quello britannico, ad un campione statisticamente significativo di 1000 individui è stato chiesto se avessero o meno sentito parlare di nanotecnologie, se ne potevano dare una definizione e le loro aspettative per il prossimi 20 anni. Contrariamente alla ricerca condotta in Gran Bretagna, gli intervistati sono stati scelti dai 18 anni in su invece che partire da 15 anni, mentre l'ultima domanda è stata rivolta a tutti dopo aver spiegato cosa fossero le nanotecnologie a chi non le conosceva già. Ad un primo esame della prima metà di campione significativo sembrerebbe che oltre 1/3 abbia sentito parlare di nanotecnologie e la metà ne ha dato una definizione corretta. I maggiori legami vengono fatti con i computer e l'informatica. Poco più della metà del campione è convinta che le nanotecnologie miglioreranno la vita, mentre il 20% non è in grado di fare una previsione, soprattutto tra quelli che non ne avevano mai sentito parlare prima del sondaggio.

I risultati dei due sondaggi mostrano che:

- 1- la maggior parte della pubblica opinione non ha ancora sentito parlare di nanotecnologie (70-74%);
- 2- la maggior parte di quelli che le conoscevano si riferivano soprattutto ai microprocessori ed ai computer probabilmente non conoscendo il potenziale delle molteplici applicazioni ;
- 3- non sembra emergere alcun segno di consapevolezza circa la loro presenza in beni di mercato già disponibili o in procinto di esserlo;
- 4- si nota un ottimismo generalizzato sulla possibilità che le nanotecnologie possano aiutare a migliorare la qualità della vita.

Sembra chiaro che per poter stabilire un dialogo con il pubblico è necessario informarlo sullo stato attuale della ricerca e dello sviluppo, delle potenzialità reali e dei rischi associate. Qualsiasi forma parziale di informazione potrebbe impedire la capacità di intervento proattivo alla discussione generale. Ad esempio, dichiarare che entro il 2015 saremo in grado di prevenire il cancro grazie all'avanzamento delle tecniche di diagnosi precoce senza che alcuna evidenza scientifica sostenga l'idea, può portare a confondere la pubblica opinione e creare aspettative destinate a rimanere inevase (*Royal Society and Royal Academy of Engineering, 2004. Nanoscience and Nanotechnologies*).

Precauzioni dovrebbero essere prese per impedire l'abuso di argomenti che toccano la sfera della salute e delle cure mediche. Nel corso della consultazione condotta dalla Royal Society, il Centre for Disability and Human Rights ha diffidato chiunque dall'affermare che gli investimenti nelle nanotecnologie potran-

no aiutare i disabili. Qualsiasi tentativo di speculare sulla sofferenza di altri per giustificare queste ricerche sono state considerate immorali ed inefficienti a rassicurare chi teme le nanotecnologie. (chapter 6-Social and Ethical issues).

Dobbiamo certamente guardare con speranza a tutte le possibili applicazioni che possano essere d'aiuto per l'uomo ed il Pianeta. Il mercato potrebbe essere orientato verso applicazioni destinate a ridurre l'impatto umano sull'ambiente, che possano migliorare la qualità della vita, che siano realmente utili alla società, che siano state testate con impegno per i loro possibili effetti collaterali, che risolvano realmente i problemi e che siano accessibili a tutti. Per preservare ed aumentare queste potenzialità sarebbe meglio che ci si preparasse a governare i cambiamenti attesi prima che diventino oggetto forzato di dibattito pubblico. Nonostante il rapporto della Royal Society sia completo ed oggettivo nel valutare i diversi aspetti che toccano lo sviluppo di nanotecnologie, le conclusioni si prestano per un discussione più dettagliata. Nonostante si riconosca la mancanza di un'adeguata informazione sull'innocuità delle nanoparticelle metalliche nei cosmetici, ad esempio, non si ritiene necessario chiedere la sospensione temporanea del loro uso. Una misura di questo tipo sarebbe ancor più urgente dal momento la vigente legislazione europea non richiede alcun test tossicologico aggiuntivo per gli ingredienti in forma nanometrica nel caso in cui il composto in questione sia stato riconosciuto innocuo nel corso di altre valutazioni.

È forse il caso di chiedersi se difendendo queste applicazioni oggi non si rischi di alimentare diffidenza nel prossimo futuro. Se qualcosa dovesse andare male, se qualche applicazione dovesse risultare inutilmente rischiosa per la salute dei consumatori senza portare alcun beneficio, si alimenterebbero diffidenze verso l'intero comparto. Un'analogia cautelata dovrebbe essere applicata nel caso di uso aperto di nanoparticelle e fullereni. Guardando indietro di qualche anno, si nota ancora somiglianza tra le nanotecnologie e le biotecnologie. Anche in questo caso, infatti, furono diversi a chiedere più cautele nell'introduzione sul mercato di prodotti che avrebbero potuto mettere a rischio l'ambiente o la salute umana. È il caso di ricordare che cautela sulla produzione di OGM fu espressa da alcuni dei più autorevoli ricercatori del mondo nella storica conferenza di Asilomar del 1975. Preoccupazioni particolari furono espresse contro l'uso di virus in plasmidi o ogni altro uso di plasmidi potenzialmente in grado di conferire ai batteri resistenza agli antibiotici. La carta di Asilomar, che prevedeva azioni volontarie per evitare di compiere ricerche potenzialmente pericolose, ebbe vita breve. È però importante ricordare che il suo ritiro fu dovuto al rischio che l'applicazione delle regole accordate potesse rallentare importanti ricerche, ma non perché le motivazioni che la ispirarono fossero prive di fondamento. Ovviamente le spinte del mercato hanno fatto sì che si dimenticassero completamente quelle raccomandazioni fatte dai pionieri delle biotecnologie. Piante transgeniche sono state create usando virus come vettori per l'inserimento del transgene, alcuni geni virali fungono da promoter, mentre geni per la resistenza ad antibiotici a largo spettro fanno parte del patrimonio genetico di alcune piante manipolate presenti sul mercato. Che il rischio paventato ad Asilomar si sia concretizzato, lo dimostra la decisione dell'UE di vietare l'uso di geni di resistenza ad antibiotici al massimo entro il 2008.

La presenza di un inutile elemento di rischio in alcuni OGM, ha giocato un ruolo importante nel determinare l'opposizione pubblica da parte dei consumatori che li hanno percepiti come un prodotti spinti sul mercato per ragioni economiche di grandi compagnie internazionali piuttosto che per offrire risposte ai bisogni umani. Se una lezione del passato può essere utile per il futuro, questa è la reazione del pubblico agli OGM. Dipingerla come immotivata, irrazionale ed emozionale sarebbe semplicistico e non aiuterebbe di certo a trovare nuove vie per lo sviluppo di nuove tecnologie. Pensare che intavolare una discussione pubblica sui possibili effetti negativi delle nanotecnologie e come evitarli possa stimolare l'opposizione pubblica, potrebbe essere un errore grave. Tentare di focalizzare l'attenzione su applicazioni delle nanotecnologie che non siano verificate, testate e realistiche potrebbe risultare un passo falso. Soprattutto dopo la maturazione dell'esperienza degli OGM, il pubblico vuole vedere la scienza lavorare per salvare vite e non arricchire ulteriormente ricche compagnie. Nascondere i possibili rischi non è affat-

to assicurante, così come non lo è consentire l'ingresso sul mercato di nuovi prodotti in assenza di garanzie totali e strumenti di controllo. La fiducia del pubblico nelle istituzioni sarà possibile solo se potranno dimostrare nel tempo la loro indipendenza e la volontà di regolare le nuove tecnologie al meglio, stabilendo regole chiare prima che sia troppo tardi.

Nonostante molte delle azioni proposte nel rapporto britannico siano ampiamente condivisibili ed augurabili, si ravvisa ancora la necessità di un discussione più approfondita sulle misure necessarie per far fronte ai prodotti in commercio.

Chiedere una pausa di riflessione ora che il mercato riguarda piccole ed irrilevanti applicazioni, come vernici o cosmetici, potrebbe consentire di colmare il vuoto legislativo offrendo allo stesso modo alle agenzie di controllo di conquistare la fiducia dei consumatori. Stabilire un organismo consultativo indipendente a cui ciascun interessato possa fornire un'opinione per una migliore applicazione di mercato dei progressi scientifici delle nanotecnologie potrebbe aiutare ad acquisire un'accettazione partecipata e ragionata da parte del pubblico. Finanziare ricerche parallele per verificare i risvolti ambientali, sanitari ed etici delle singole possibili applicazioni accrescerebbe l'efficienza scientifica offrendo nuove informazioni che potrebbero rilevarsi cruciali per il corretto sviluppo delle nanotecnologie. È verosimile, e per alcuni versi, perfino auspicabile, che il coinvolgimento del pubblico, sia limitato alle applicazioni commerciali piuttosto che ai progetti di ricerca sui quali solo gli addetti ai lavori sono in grado di intervenire con la dovuta cognizione di causa. Dal momento però che la ricerca condiziona le applicazioni successive, è auspicabile la creazione di un organismo scientifico indipendente in grado di valutare i progetti per assegnare la priorità a quelli che rispondano meglio ai criteri di pubblica utilità e garanzie di sicurezza.

A questo proposito, nonostante sia verosimile che ogni paese si doterà di gruppi di esperti del settore per far fronte a queste necessità, la dimensione del possibile impatto delle nanotecnologie è tale da richiedere un'azione coordinata a livello internazionale. La richiesta per un maggior dibattito scientifico ed una valutazione più approfondita dei dati forniti dalle aziende dovrebbe avvenire attraverso riviste scientifiche che controllino la qualità dei lavori. Come riconosciuto dalla stessa Royal Society, le nanoparticelle dovrebbe essere riconosciute come composti chimici nuovi e come tali soggetti a ricerche tossicologiche adeguate su breve, medio e lungo termine. Un gruppo in grado di valutare le evidenze scientifiche prodotte dalle aziende coinvolte nel mercato delle nanotecnologie, dovrebbe prevedere la presenza di scienziati indipendenti, rappresentanti governativi e gruppi di interesse collettivo.

Le nanotecnologie ancora evocano uno scenario positivo nell'immaginazione della pubblica opinione. Nonostante si riconosca la necessità di garantire ritorni economici adeguati alle aziende coinvolte nella loro ricerca e sviluppo, è necessario che si trovi al più presto un organismo internazionale dove dibattere a fondo di tutti gli aspetti che riguardano lo sviluppo delle nanotecnologie. Se e come queste verranno accolte o meno dal pubblico dipende solo da chi, direttamente o indirettamente, sta lavorando per il loro avanzamento.



Consiglio dei Diritti Genetici



Comune
di Lastra a Signa

REGIONE
TOSCANA



Con l'Alto Patronato della
Presidenza della Repubblica



Con il Patrocinio di
Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca
Ministero delle Politiche Agricole e Forestali
Ministero della Salute



Con il contributo di
Coop Italia

