

Le nanotecnologie e i rapporti Usa-Ue

di Carlo Taliani

In un recente incontro a San Juan di Puertrico si sono discusse ed elaborate una serie di raccomandazioni sulle priorità della ricerca nel campo delle nanotecnologie e della nanofabbricazione e sulle misure necessarie per facilitarne lo sviluppo, sia con la creazione di infrastrutture sia con la crescita di una cultura scientifica di massa. Si sono messe inoltre le basi per una cooperazione bilaterale che può permettere di moltiplicare gli effetti delle misure che Ue e Usa adottano separatamente.

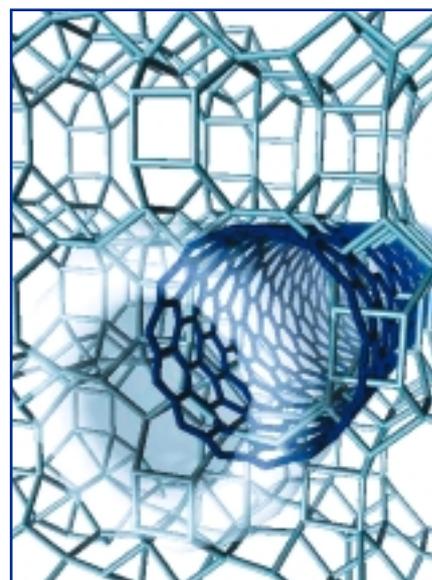
Negli ultimi mesi si stanno moltiplicando gli incontri fra i rappresentanti della National Science Foundation e i responsabili dell'Unione Europea intorno alle tematiche che si riconducono alle nanotecnologie. Questa intensificazione dei rapporti segna una decisa svolta nelle relazioni fra le più grandi agenzie di ricerca delle due sponde dell'Atlantico. Se la scienza, almeno nell'ultimo secolo è sempre stata globale, nel senso che i risultati ed i progressi sono sempre stati discussi e confrontati a livello internazionale, le agenzie nazionali di finanziamento hanno contenuto le dimensioni delle collaborazioni internazionali ad un livello piuttosto limitato. La crescita poderosa delle nanotecnologie viene considerata come un segno di inizio di un nuovo ciclo dello sviluppo tecnologico e le agenzie nazionali della ricerca delle regioni più industrializzate del mondo vi attribuiscono un'importanza strategica. La Tabella a destra indica l'andamento dei finanziamenti della ricerca sulle nanotecnologie negli ultimi anni rispetto al 1997 di Usa, Ue e Giappone e degli altri maggiori Paesi industrializzati. L'Europa nel 1997 era in testa nei finanziamenti e la scienza europea era considerata a torto o a ragione all'avanguardia in questo campo. Gli Usa, a seguito del varo del progetto National Nanotechnology Initiative (Nni), hanno rapidamente sopravanzato sia Ue sia Giappone e nel budget 2002 hanno raggiunto la quota di 579 milioni di dollari.

C. Taliani, Ismn-BO/Cnr - Via Gobetti, 101 - 40129 Bologna. C.Taliani@ism.bo.cnr.it

In questo quadro appare evidente l'intenzione a moltiplicare i fattori di crescita attraverso un intenso scambio di collaborazioni internazionali. L'allargamento della base di conoscenze costituisce un terreno precompetitivo in cui sia Ue sia Usa trovano opportuno investire insieme. In questo quadro si inseriscono le iniziative di collaborazione fra National Science Foundation (Nsf) e Ue.

Dal 5 al 7 gennaio 2002 si è svolto a San Juan di Puertrico un incontro su "Nanomanufacturing and Processing-Research, Education, Infrastructure, Security, Resources and Ec-Nsf Collaborative Needs", che ha visto la partecipazione di una cinquantina di scienziati europei e americani. Haris Doumanidis e Renzo Tomellini hanno guidato le due delegazioni, rappresentando rispettivamente l'Nsf e la Commissione Europea. Lo scopo dell'incontro era di proporre una serie di specifici obiettivi come:

- l'identificazione delle finalità della ricerca che si prevede abbiano un effetto catalitico nell'esplorazione e nel controllo dei processi di fabbricazione sulla nanoscala e che potranno portare ad un vasto spettro di applicazioni a lungo termine;
- identificazione delle implicazioni in riferimento alla sicurezza internazionale;
- identificazione di un piano di supporto per infrastrutture per la ricerca e per la formazione e per l'implementazione dei quadri di riferimento etico, legale, economico e delle implicazioni a livello della società civile;
- potenziali collaborazioni a tutti i livelli fra le comunità scientifiche degli Usa e



della Ue anche attraverso programmi comuni;

- identificazione dei metodi per disseminare le informazioni e per implementare l'interazione fra le varie discipline.

L'incontro si è articolato in una serie di commissioni parallele che hanno discusso i vari specifici obiettivi in riferimento ad aree di ricerca specifiche e ha portato alla definizione delle priorità di ricerca nelle aree tematiche di: a) nanomateriali; b) nanofabbricazione: prototipizzazione, scale-up ed integrazione; c) misura e metrologia; d) teoria, modellizzazione e simulazione.

Insieme ad altri tre colleghi (F. Biscarini, J. Chen e R. Komanduri) ho fatto parte del comitato per la preparazione del rapporto e delle raccomandazioni, avendo così l'opportunità di avere un quadro d'insieme delle problematiche e delle priorità (http://www.eng.nsf.gov/dmii/NSF-EC_Summary_Report2.ppt).

Un primo importante passaggio è costituito dal riconoscimento che le nanotecnologie si definiscono non per la dimensione dei materiali ma piuttosto per la

Finanziamenti di R&S nelle nanotecnologie (milioni di dollari)

	1997	2000	2001
Ue	126	200	225*
Giappone	120	245	410
Usa	116	270	422
Altri	70	110	200
Totale	432	825	1.257

*Stima

funzionalità dei materiali nella nanoscala e la loro integrabilità su varie scale spaziali in sistemi funzionali più grandi eventualmente interrogabili. Non è una mera questione semantica ma un nuovo paradigma che porta con sé una vasta serie di implicazioni. In altre parole si sta superando rapidamente la fase in cui si è dimostrato come si manipolano e si studiano le proprietà delle singole nanoparticelle o le singole molecole e ci si dirige risolutamente verso una nuova fase in cui l'accento è sulla funzionalità dei materiali nanostrutturati verso la creazione di una nuova interdisciplina o metadisciplina in cui si integrano le varie discipline tradizionali.

• *Nanomateriali*

È l'area in cui si prevede il più rapido sviluppo. Molti esempi di nanomateriali esistono già, dai nanotubi alle nanofibrille e alle nanoparticelle. Serve ora fabbricarle con processi a costi ragionevoli. Nel medio periodo emergono gli obiettivi di comprensione dei meccanismi di interazione fluido/superficie per le applicazioni nanofluidiche. Nel lungo periodo servirà prendere come modello i sistemi biologici complessi per generare ad esempio superfici adattive, motori molecolari e nanorobot formati da sistemi molecolari multistabili. La nanostrutturazione polifunzionale porterà a rivoluzionare i processi fotovoltaici e le celle a combustibile e a catalizzatori di nuova generazione.

• *Nanofabbricazione: prototipizzazione, scale-up ed integrazione*

Il passaggio fra la creazione di laboratorio e l'applicazione in processi produttivi è di importanza fondamentale. Occorre lo sviluppo di processi paralleli di fabbricazione di dispositivi prototipo che dimostrino funzionalità e possano essere integrati su una scala spaziale più alta in oggetti macroscopici. Ciò richiede lo sviluppo della conoscenza delle interazioni microscopiche che regolano il self-assembly e le interazioni delle molecole con le superfici. Con lo sviluppo della tecnologia sarà possibile controllare l'assemblaggio tridimensionale, la costruzione di interconnessioni fra i dispositivi nanostrutturati e la manipolazione rapida di componenti in processi di fabbricazione a più passaggi. Infine occorre implementare la capacità di rimuovere e riparare i difetti eventualmente generati.

• *Metrologia e misure*

Lo studio di fenomeni sulla nanoscala richiede lo sviluppo di strumenti analitici e di caratterizzazione con più ampie capacità nella nanoscala (analisi chimica,

esame della superficie e sotto la superficie, spettroscopia ottica ed elettrica) *in situ* e nelle condizioni operative di temperatura, pressione, ambiente e campi elettrici e magnetici. Dovranno essere sviluppati nuovi strumenti e nuovi metodi di calibrazione e di standardizzazione. Di cruciale importanza il posizionamento ed il riposizionamento sulla scala nanometrica.

• *Teoria, modellizzazione e simulazione*

Le nanotecnologie stanno all'interfaccia fra il mondo microscopico ed il mondo macroscopico e quindi fra le validità delle teorie quantistiche e del continuo. Molte delle assunzioni e dei modelli usuali non sono più validi. Sono di importanza fondamentale le relazioni fra struttura, proprietà, processing e performance. Occorre sviluppare modelli che includano gli accoppiamenti fra le varie dimensioni di scala e di tempo e che tengano conto degli effetti di bordo e delle aree ristrette.

• *Sicurezza*

Gli avvenimenti dell'11 settembre hanno portato alla ribalta l'importanza di sviluppare efficienti sistemi di protezione rispetto ad attacchi aggressivi chimici e biologici. Le nanotecnologie sono immaginate come un enorme potenziale di nanosensori ad alta sensibilità, portatili, multifunzionali, a basso consumo energetico, e suscettibili di produzione di massa. Il principio su cui si basano è il riconoscimento molecolare. Questi sensori saranno incorporati in matrici di sensori ed attuatori che dovrebbero avere anche la capacità di distruggere l'agente aggressore sia chimico sia biologico. È in questo settore che si sono riversate notevoli risorse del bilancio Usa del 2002 con un aumento pari al 700% (2.400 milioni di dollari). Gli effetti sull'ambiente, sull'economia e sulla stabilità sociale sono anch'essi ritenuti di fondamentale importanza. Su questi argomenti si è svolto un secondo meeting Nsf-Eu a Lecce nelle settimane scorse su cui sarà riferito in un altro articolo su questa rivista. Primaria importanza è attribuita allo sviluppo di sistemi energetici a più elevata efficienza per un uso meno invasivo delle risorse non rinnovabili.

• *Infrastrutture e interdisciplinarietà*

Gli Usa hanno già da tempo implementato la creazione di facilities nazionali di nanofabbricazione cosiddetta *top-down* con l'uso delle tecnologie dei cannoni elettronici, dei fasci ionici ecc. Ne è un esempio il Cornell Nanomanufacturing Facility. È adesso prioritario creare labo-

ratori di nuova generazione che integrino equipaggiamenti ibridi che facciano uso delle tecnologie combinate *top-down* e *bottom-up* (stamping, imprinting e SAM oltre che EBL e IBL).

• *Risorse umane e risorse finanziarie*

Occorre nel breve periodo attivare più ricercatori in questo campo multidisciplinare. Gli Usa, che hanno a suo tempo dato notevole spazio alle scienze dei materiali, che sono tuttavia nella loro infanzia in Italia, ritengono che sia arrivato il momento di creare programmi interdisciplinari per dottorandi sulle nanotecnologie. Nel medio periodo si anticipa che i ricercatori dovranno imparare un nuovo tipo di linguaggio scientifico che permetta di dialogare efficacemente e promuovere capacità interdisciplinari riconosciute e legittimate nelle carriere accademiche. Nel medio periodo il finanziamento riguarderà prevalentemente le infrastrutture per poi ripartirsi fra R e S, infrastrutture e trasferimento tecnologico.

• *Cooperazione Nsf-Ue*

Nel breve termine sono previste possibilità di finanziamento di mobilità a vari livelli oltre che eventi collettivi come workshop e summer school. Nel medio periodo, ed è questa la principale novità, si raccomanda la creazione di programmi congiunti con una singola richiesta e con un singolo processo di referaggio a cui contribuiscano entrambe le agenzie. Si tratta di un passo fondamentale in avanti che tende a superare le barriere nazionali anche nei processi di finanziamento lasciando alle agenzie nazionali il compito di fare i singoli contratti secondo i costumi dei singoli Paesi. Un processo già efficacemente sperimentato dai progetti della Ue che hanno contribuito a creare una comunità scientifica fortemente integrata a livello europeo. Se dunque da un lato la scienza è sempre stata globale nei risultati, essa tende sempre più ad esserlo fin dai passaggi della proposizione e della valutazione delle proposte. Questo processo ha anche una forte valenza di sprovvincializzazione delle singole comunità scientifiche nazionali come quella italiana.

Così come si è creato un vasto consenso sul fatto che lo sviluppo di un'idea di integrazione europea abbia portato beneficio alla società italiana imponendole una salutare disciplina nel governo dell'economia, l'internazionalizzazione dei meccanismi di finanziamento della scienza non può che essere di beneficio per la salute della comunità scientifica del nostro Paese.