

## ANEXA 1

### **“INITIATIVA NATIONALA IN NANOTEHNOLOGIE: PLANURI PE URMATORII CINCI ANI”**

*Dr. Mihail C. Roco*

*National Nanotechnology Initiative:*

*From Vision to Commercialization,*

*31 martie - 2 aprilie 2004, Washington, DC*

*- extras -*

**“INITIATIVA NATIONALA IN NANOTEHNOLOGIE:  
PLANURI PE URMATORII CINCI ANI”**

**Dr. Mihail C. Roco**

**National Nanotechnology Initiative: From Vision to Commercialization,  
31 martie - 2 aprilie 2004, Washington, DC**

- extras -

**Ce este nanotehnologia si motivatia**

Nanotehnologia este capacitatea de a intelege, controla si manipula materia la nivelul atomilor si moleculelor individuale, precum si la nivel "supramolecular" implicand ciorchini de molecule. Scopul sau este de a crea materiale, dispozitive si sisteme cu proprietati si functii esentialmente noi datorita structurii lor mici.

Potrivit Initiativei Nationale in Nanotehnologie (NNI) o definitie mai exacta a domeniului include trei elemente (Roco, Williams si Alivisatos, 1999; NSET, 2001):

- Explorarea noilor fenomene si procese care apar la scara de dimensiuni corespunzatoare unui atom sau molecula individuala si pana la aproximativ 100 diametre moleculare, adica aproximativ in gama de dimensiuni de la 1 la 100 nanometri.
- Folosirea unor principii si instrumente pentru a stabili o platforma unificatoare pentru stiinta si inginerie la scara nanometrica.
- Folosirea interactiunilor atomice si moleculare pentru a stabili metode de fabricatie eficiente.

Sunt cel putin trei motive pentru interesul actual in nanotehnologie. Mai intai, cercetarea ne ajuta sa umplem o lacuna majora in cunoasterea fundamentala a materiei. La "capatul mic" al scarii noi stim deja cate ceva despre atomi si molecule individuale, folosind instrumentele dezvoltate de fizica si chimia conventionale. La "capatul mare", chimia, biologia si ingineria conventionale ne-au invatat, in acelasi mod, despre comportamentul de volum al materialelor si sistemelor. Pana acum, totusi, am stiut mult mai putin despre scara intermediara, care este pragul natural unde toate sistemele vii si artificiale functioneaza. Proprietatile si functiile de baza ale structurilor si sistemelor materiale sunt definite aici si, chiar mai important, pot fi schimbate in functie de organizarea materiei via interactiunilor moleculare "slabe" (cum ar fi legaturile hidrogenului, dipolul electrostatic, fortele van der Waals, diverse forte de suprafata, forte electrofluidice etc.) Cursa intelectuala catre dimensiuni mai mici a fost accelerata de descoperirea unor proprietati si fenomene noi care depind de dimensiuni. Abia in 1981 s-a putut masura dimensiunea unui ciorchine de atomi pe o suprafata (IBM, Zürich) si au inceput sa fie furnizate modele mai bune pentru autoorganizare si autoasamblare in chimie si biologie. Dupa 10 ani, in 1991, am putut deplasa atomii pe suprafete (IBM, Almaden). Dupa inca 10 ani, in 2002, am asamblat moleculele pozitionand fizic atomii componenti. Inca nu putem vizualiza sau modela cu exactitatea convenita un domeniu ales al relevantei ingineriei la scara nanometrica. Suntem abia la inceputul acestui drum.

Al doilea motiv al interesului in nanotehnologie este acela ca aceste fenomene la scara nanometrica permit aplicatii radical noi. Exemple posibile includ fabricarea chimica folosind ansamble moleculare proiectate, procesarea informatiilor utilizand fotonii sau spinul electronic, detectarea chimicalelor sau a bioagentilor folosind numai cateva molecule, detectarea si tratamentul bolilor cronice prin interventii subcelulare, regenerarea tesuturilor si a nervilor, intensificarea invatarii si a altor procese cognitive prin intelegerea "societatii" neuronilor si curatarea cu nanoparticule proiectate pe suprafete. Folosind informatii din industria SUA, tarile din Pacificul Asiei si Europa, intre 1997 si 1999, au estimat ca 1 miliard \$ in produse si aproximativ 2 milioane \$ in locuri de munca in intreaga lume vor fi afectate de nanotehnologie, pana in 2015 (Roco si Bainbridge, martie 2001). Extrapoland de la tehnologia informatiei, unde pentru fiecare muncitor sunt create cate 2,5 locuri de munca in domenii inrudite, nanotehnologia are potentialul de a crea 7 milioane de locuri de munca peste tot pana in 2015 pe piata mondiala. Intr-adevar, prima generatie de metale, polimeri si ceramici nanostructurate au intrat deja pe piata comerciala.

In sfarsit, al treilea motiv al interesului este inceputul prototipizarii industriale si a comercializarii si faptul ca guvernele in lume stimuleaza dezvoltarea nanotehnologiei cat se poate de rapid. Programe de cercetare - dezvoltare sustinute, coerente in domeniu au fost anuntate de Japonia (aprilie 2001), Coreea de Sud (iulie 2001), Comunitatea Europeana (martie 2002), Germania (mai 2002), China (2002) si Taiwan (septembrie 2002). Totusi, primul si cel mai mare program a fost Initiativa Nationala a SUA in Nanotehnologie, anuntat in ianuarie 2000.

### ***Initiativa Nationala in Nanotehnologie (NNI)***

Initiativa Nationala in Nanotehnologie (NNI) este un program de cercetare si dezvoltare pe termen lung care coordoneaza 16 departamente si agentii independente, cu o investitie totala de aproximativ 961 milioane \$ in anul fiscal 2004. El a devenit o prioritate exceptionala a fostei administratii si a Congresului si este o rubrica de buget transversala la OMB si PCAST si NRC. Programul a demarat oficial in anul fiscal 2001 (oct. 2000) si a fost rezultatul activitatilor incepute inca din 1996. Principalele obiective ale NNI sunt:

- Sa extinda granitele stiintei si ingineriei la scara nanometrica prin sprijin pentru cercetare si dezvoltare;
- Sa stabileasca o infrastructura echilibrata si flexibila, incluzand forta de munca calificata;
- Sa abordeze implicatiile sociale ale nanotehnologiei, incluzand actiunile si masurile anticipative care trebuie intreprinse in societate pentru a aduce cat mai curand avantajul noii tehnologii, intr-un mod responsabil, si
- Sa stabileasca o "mare coalitie" a invatamantului superior, industriei si guvernului pentru a realiza intregul potential al noii tehnologii. Adica, sa dezvolte un parteneriat intre toti participantii, incluzand colaborarea intre furnizorii de stiinta si inginerie la scara nanometrica (universitati, laboratoare nationale), produsele nanotehnologiei (diverse industrii, medicina, mediu) si sursele de finantare ale nanotehnologiei (agentii federale, organizatii statale si locale, inclusiv dimensiunea internationala)

Forta motrice initiala a NNI a constituit-o stiinta /Roco si altii, 1999/. Dupa 2002, insa inovatia tehnologica a sporit in importanta /NSTC, 2003/. Investitiile NNI in perioada 2001-2003 au fost: institutiile academice /65-70 la suta/, laboratoarele de cercetari /25-30 la suta/ si industria /circa 5 la suta/. Alocatiile pentru "marile provocari" in R&D sunt

aproximativ egale cu cele pentru cercetarea fundamentala si este de asteptat sa creasca in timp ca importanta. Industria a devenit un sprijinitor puternic si investitiile sale pe termen lung pentru R&D in nanotehnologie sunt de asteptat sa depaseasca cheltuielile federale ale NNI incepand cu anul viitor. De asemenea, peste 20 de state din SUA au realizat ca nanotehnologia are potential economic si in 2002 au lansat angajamente echivalente cu mai mult de jumatate din bugetul anual al NNI.

Investitiile guvernamentale pe plan mondial in domeniul nanotehnologiei stimulate partial de NNI se situeaza la circa 3,5 miliarde dolari, ceea ce inseamna o crestere de opt ori comparativ cu nivelul anului 1997, cand ele s-au cifrat la 430 milioane dolari /Schita2/.

### **Formele de sprijinire a NNI**

Strategia de finantare a NNI se bazeaza pe cinci forme de investitii.

Prima favorizeaza investitii echilibrate in cercetarea fundamentala in intreaga sfera a stiintei si ingineriei si este condusa de NSF.

A doua forma, cunoscuta in general drept "marile provocari". Se concentreaza asupra a noua zone concrete de cercetare si dezvoltare, care sunt direct legate de aplicatiile nanotehnologiei si care au fost identificate ca avand potentialul de a realiza un impact semnificativ economic, guvernamental si social in circa un deceniu. Cele noua "mari provocari" sunt:

1. Materiale nonostructurate prin design /agentia principala - NSF/
2. Ingineria la scara nanometrica /agentiile principale-NIST si NSF/
3. Detectia agentilor chimici, biologici, radiologici si a explozivilor, ca si protectia impotriva lor /agentia principala-DOD/
4. Instrumentatie si metrologie la scara nano /agentii principale - NIST si NSF/
5. Nano-electronica, nano-fotonica si nano-magnetica /agentii principale-DOD si NSF/
6. Ingrijirea sanatatii, terapeutica si diagnoza /agentia principala-NIH/
7. Conversia si depozitarea eficienta a energiei /agentia principala-DOE/
8. Microaparatura si robotica /agentia principala-NASA/
9. Procese la scara nano pentru imbunatatirea mediului /agentii principale-EPA si NSF/

A treia forma de investitii sprijina centrele de excelenta care realizeaza cercetare in interiorul institutiei gazda. Aceste centre promoveaza proiecte cu obiective de cercetare largi, multidisciplinare, care nu sunt sprijinite de programele mai traditional structurate. Aceste centre promoveaza de asemenea formarea unor viitori cercetatori si inovatori, ca si instruirea unei forte de munca tehnice calificate pentru industria in continua extindere a nanotehnologiei. NSF, DOD si NASA au infiintat 16 noi centre de cercetare in intervalul 2001-2003.

Cea de a patra forma finanteaza dezvoltarea infrastructurii, instrumentatiei, standardelor, capacitatilor de calcul si altor instrumente necesare in cercetare si dezvoltare la scara nanometrica. NSF a creat trei retele de cercetare si facilitati de utilizare, iar DOE o retea larga de facilitati pentru utilizatori.

A cincea si ultima forma recunoaste si finanteaza cercetarea in domeniul implicatiilor asupra societatii si se adreseaza nevoilor educationale asociate cu dezvoltarea cu succes a nanostiintei si nanotehnologiei. Pe langa activitatile de educatie universitara si

postuniversitara, NSF sprijina programele stiintifice si de fabricatie la scara nanometrica pentru educarea in domeniul nanotehnologiei in cazul studentilor, liceenilor si publicului larg.

### ***Rezultatele primilor trei ani ai NNI***

In primii trei ani ai sai (anii fiscali 2001-2003) NNI a schimbat peisajul de cercetare si dezvoltare pentru educatia in domeniul nanotehnologiei, avansand de la intrebari precum "Ce este nanotehnologia?" la altele de genul "Cum putem trage foloase mai repede de pe urma ei?". Se subliniaza in mod deosebit:

Cercetarea pentru controlul sistematic al materiei la scara nanometrica avanseaza mai rapid decat se anticipa in 2000. Timpul pentru ajungerea la prototipuri comerciale a fost redus de cel putin doua ori pentru aplicatii cheie ca diagnosticarea cancerului, dispozitive moleculare si nanocompoziti speciali. Cercetarea "documentelor de mare impact" ale Institutului pentru Informatii Stiintifice reprezinta un bun indicator pentru publicatii. Aproximativ 50 la suta din articolele de referinta (des citate in ultimii doi ani, care utilizeaza termenul nano in titluri) au ca origine SUA. Dupa aproximativ trei ani, in 2003, NNI sprijina aproximativ 2500 de activitati in 300 de organizatii academice si circa 200 de firme de mici dimensiuni si organizatii non-profit din toate cele 50 de state. Acest tablou poate sugera si abordarea interdisciplinara a NNI si colaborarea dintre mai multe agentii.

NNI a transformat deja SUA in forta principala a activitatii stiintifice si manufacturiere la scara nanometrica, pe teritoriul american activand aproximativ 40.000 de cercetatori, studenti si alti lucratori calificati in cel putin un domeniu al nanotehnologiei. In acelasi timp, se afla in pregatire schimbari de sistem pentru educatia elementara sau chiar prescolara, prin introducerea timpurie a nanostiintei si rasturnarea "piramidei stiintei" odata cu intelegerea unitatii naturii la scara nanometrica de la bun inceput. In 2002, NSF a anuntat programul de educatie in domeniul nanotehnologiei pentru studenti (Solicitarea de program NSF 02-148) iar in 2003 - programul de educatie in domeniul nanotehnologiei pentru liceeni si alte persoane (Solicitarea de program NSF 03-044). In urmatorii ani, intentionam sa schimbam limbajul stiintei pentru o varsta chiar mai frageda si sa implicam muzeele de stiinta in implementarea acestui limbaj la tinerii prescolari. Aproximativ 7.000 de elevi, studenti si profesori au fost instruiti in 2003 cu sprijinul NSF. Toate cele 250 de colegii majore specializate in stiinta si industrie au introdus in ultimii trei ani activitati educationale legate de stiinta si inginerie la scara nanometrica.

A fost infiintata o infrastruktura semnificativa in peste 60 de universitati cu capacitati de utilizare in nanotehnologie. Au fost create cinci retele (Reteaua NSF pentru Nanotehnologia Computerelor, Reteaua Natonala de Infrastructura pentru Nanotehnologie si Reteua din Oklahoma pentru Nanotehnologie, alaturi de Centre de Cercetare Stiintifica la Scara Nano, cu largi facilitati ale DOE si Centrele Academice ale NASA de Cercetare in domeniul Nanotehnologiei). Utilizarea unor facilitati experimentale si educationale, ca si a capacitatilor computationale in zone mai putin centrale este in crestere.

Investitiile in industrie au atins acelasi nivel ca cele din R&D pe termen lung si mediu ale NNI, iar aproape toate companiile majore din domenii traditionale sau emergente detin grupuri nanotehnologice cel putin pentru a supraveghea competitia. De exemplu, Intel a anuntat in 2003 venituri de 20 miliarde dolari de pe urma unor produse in care

nanotehnologia joaca un rol cheie. Aproximativ 75 la suta din patentele legate de nanotehnologie (circa 6400 din 8500) inregistrate de US Patent and Trade Office in 2002 provin din Statele Unite, in timp ce finantarea NNI se ridica la circa 25 la suta din investitiile guvernamentale la scara mondiala. Aproximativ 75 la suta din companiile nou-create in nanotehnologie in a doua parte a anului 2003 se afla in Statele Unite (aproximativ 1100 din 1500 pe plan mondial, potrivit NanoBusiness Alliance). In pofida climatului general de descrestere economica, finantarile in proiecte nanotehnologice s-au dublat in SUA in 2002 comparativ cu 2001, iar in SUA exista mai multe companii noi decat in toate celelalte tari la un loc. NNI are nevoie sa incurajeze tot mai mult firmele mici. De exemplu, NSF a sprijinit peste 100 de afaceri de mica dimensiune cu investitii de 36 milioane dolari intre 2001 si 2003.

Viziunea NNI privind o "mare coalitie" a grupurilor academice, guvernamentale, industriale si profesionale prinde contur. Peste 22 de aliante regionale au fost infiintate pe intreg teritoriul SUA si ele dezvolta parteneriate locale, activitati de sprijin in comercializare si educatie. Societati profesionale au creat divizii specializate, au organizat ateliere de lucru si programe educationale continue, intre ele Asociatia Americana pentru Progresul Stiintei, Societatea Americana pentru Chimie, Societatea Americana pentru Fizica, Institutul American al Inginerilor Chimisti, Institutul American al Inginerilor in Electrotehnica si Electronica si Societatea Americana a Vidului. Atentia acordata implicatiilor nanotehnologiei se extinde la nivelul ramurilor legislative si chiar juridica ale guvernului american.

Implicatiile pe planul societatii au constituit o preocupare de la bun inceput pentru NNI, in speta prin primul program de cercetare si educatie privind implicatiile asupra mediului si societatii, emis de NSF in iulie 2000. In septembrie 2000, a fost dat publicitatii raportul privind "Implicatiile asupra societatii ale Nanostiintei si Nanotehnologiei". NSET interagentii a infiintat Biroul de Coordonare National in domeniul Nanotehnologiei, pentru monitorizarea consecintelor potentiale neprevazute ale nanotehnologiei, iar acesta are reuniuni periodice pe tema implicatiilor nanoparticulelor asupra mediului si sanatatii. NSF a avut cinci informatii dupa iulie 2000, care au inclus "Procesele ambientale la scara nanometrica" si "Implicatiile asupra societatii" ca teme de cercetare si educatie. Astazi, in 2004, numarul proiectelor in aceasta sfera a crescut in mod semnificativ, ele fiind finantate de NSF, EPA, NIH, DOE si alte agentii. Investitiile anuale ale NNI in domeniul cercetarii la scara nanometrica cu referire la mediu sunt estimate la circa 50 milioane dolari pentru 2003, din care NSF a alocat peste 30 de milioane iar EPA aproximativ 5 milioane. Daca se adauga cercetarea in domeniul implicatiilor asupra societatii si educatiei, investitiile se ridica la circa 10 la suta din bugetul anual total al NNI. De exemplu, NSF a lansat peste 100 de proiecte cu relevanta pentru mediu, iar mai multe grupuri interdisciplinare se preocupa de implicatiile asupra societatii, cum sunt cele de la University of California Los Angeles - UCLA si Universitatea din Carolina de Sud. Fiecare Centru NSF pentru Stiinta si Inginerie la scara nanometrica are o componenta de cercetare privind implicatiile asupra societatii in stransa legatura cu domeniul de activitate al respectivului centru. In 2003, s-au desfasurat patru ateliere de lucru inter-agentii pe temele implicatiilor ambientale, medicale si sociale, iar NSF si EPA au organizat propriile lor conferinte pentru donatii in 2002 si 2003 (de vazut [www.nano.gov](http://www.nano.gov) si [www.nsf.gov/nano/](http://www.nsf.gov/nano/)). S-a accentuat constientizarea posibilitatii unor consecinte neprevazute ale nanotehnologiei, iar agentiile federale se reunesc periodic pentru a dezbate aceste teme.

### ***Noi obiective potentiale de cercetare-dezvoltare pentru 2015***

Unele dintre evolutiile potentiale in R&D la scara nanometrica pana in 2015 sunt:

Jumatate din numarul materialelor avansate nou-proiectate si din procesele de fabricatie sunt realizate prin utilizarea controlului la scara nanometrica. Chiar daca acest control poate fi inca rudimentar in 2015 in comparatie cu potentialul pe termen lung al nanotehnologiei, aceasta va marca o piatra de hotar pe drumul spre noua revolutie industriala asa cum s-a conturat in 2000. Aceasta estimare se bazeaza pe evaluarile realizate in cadrul industriei intr-o varietate de sectoare, precum electronica, substantele chimice, industria grea, industria farmaceutica si industria aeronautica. Mai jos sunt trecute in revista mai multe provocari. Vizualizarea si simularea numerica a domeniilor tridimensionale cu rezolutie nanometrica vor fi necesare pentru aplicatiile industriale manufacturiere. Se va extinde utilizarea unor catalizatori proiectati la scara nanometrica prin procese de fabricatie chimica "exacte" pentru a diviza si lega aglomerari moleculare, cu o risipa minima. Tranzistorii pe baza de siliciu vor atinge dimensiuni mai mici de 10 nm si vor fi integrati in sisteme moleculare sau de alta natura la scara nanometrica (in afara CMOS sau integrate cu acestea). Cineva isi poate aminti ca in 2000 am considerat ca principiile fizice vor actiona ca un "zid de caramida" in limitarea progresului tehnologiei produselor pe baza de siliciu la sfarsitul acestui deceniu. In prezent ne asteptam la progrese in tehnologia CMOS timp de inca un deceniu (pana in 2020) si apoi la integrarea sa cu autoasamblarea de jos in sus. Este posibil sa fie dezvoltate noi platforme in domeniul stiintei si ingineriei, ca de pilda cea bazata pe chimia carbonului, care sa inlocuiasca transportul sarcinii electrice cu spinul electronului, care sa creeze cipuri fotonice, prin utilizarea interactiunii electrostatice intre electron si nuclee si exploatarea mecanismelor de cuplare intre efectele electric-magnetic-optic in stare solida.

Suferinta de pe urma unor boli cronice se reduce drastic. Este de conceput ca pana in 2015 capacitatea noastra de a detecta si trata tumori in primul an de la aparitie lor, sa poata reduce suferintele si numarul cazurilor de decese de pe urma cancerului. In 2000, am stabilit ca obiectiv detectarea timpurie a cancerului in 20-30 de ani. Astazi, pe baza rezultatelor obtinute in anii 2001-2003 in intelegerea proceselor din interiorul celulei, ca si a dezvoltarii unor noi instrumente de caracterizare a acestor procese, exista in cadrul Institutului National al Cancerului un grup de experti in nanotehnologie care se straduie sa elimine cancerul ca o cauza a decesului, daca este tratat de o maniera oportuna. Sinteza farmaceutica, procesarea si furnizarea medicamentelor vor fi dezvoltate prin controlul la scara nanometrica si aproximativ jumatate din substantele farmaceutice vor utiliza nanotehnologia ca o componenta cheie. Vizualizarea functiilor interne si modelarea interactiunilor neuron-neuron din creier vor fi posibile prin valorificarea progreselor in domeniul masuratorilor si simularii la scara nanometrica.

Stiinta si ingineria nano-bio-sistemelor constituie una dintre cele mai provocatoare componente ale nanotehnologiei, cu o dezvoltare tot mai rapida. Ea este esentiala pentru intelegerea mai buna a sistemelor vii si pentru dezvoltarea unor noi instrumente in medicina si a unor noi solutii in ingrijirea sanatatii (ca sinteza unor noi medicamente si administrarea lor la tinta, medicina regenerativa, sau modelarea neuromorfica). Constituie provocari importante intelegerea proceselor din interiorul celulei sau a sistemului neural. Nano-bio-sistemele sunt o sursa de inspiratie si furnizeaza modele pentru nano-sisteme create de om. Cercetarea poate duce la materiale biocompatibile mai bune si la nano-bio-materiale pentru aplicatii industriale.

Convergenta stiintei si ingineriei la scara nanometrica va stabili un tipar principal pentru aplicarea si integrarea nanotehnologiei in biologie, electronica, medicina, intelegerea fenomenelor si alte domenii. Aici sunt cuprinse fabricarea de materiale hibride, ingineria neuromorfica, organele artificiale, extinderea duratei de viata, cresterea productivitatii, aprofundarea capacitatilor de intelegere si senzoriale. Vor fi dezvoltate noi concepte in fabricatia distributiva si in aglomerarile cu competente multiple. Confluenta nanostiintei cu biologia, cu stiintele informatice si cognitive va contribui la unificarea conceptelor in stiinta, inginerie, tehnologie, medicina si agricultura. Un rezultat principal va fi crearea de sisteme prin utilizarea principiilor biologice, a legilor fizicii si proprietatilor diverselor materiale.

Sustenabilitatea ciclurilor de viata si biocompatibilitatea vor fi urmarite in crearea de noi produse. Dezvoltarea cunostintelor in nanotehnologie va duce la reguli de siguranta solide pentru limitarea consecintelor neprevazute ale nanostructurilor in domeniile mediului si sanatatii. Sinergismul ciclurilor de viata ale diferitelor grupuri de produse va fi introdus pentru o dezvoltare generala sustenabila. Se va realiza un control al cantitatii de nanoparticule in aer, sol si apa, prin utilizarea unei retele nationale.

Dezvoltarea cunostintelor si educatia isi vor avea originea la scara nanometrica, in loc de scara micrometrica. Educatia timpurie privind nanostiinta va schimba rolul stiintei si motivatia elevilor. O noua paradigma in domeniul educatiei care sa nu fie bazata pe discipline ci pe unitatea naturii si integrarea educatie-cercetare va fi testata pentru grupul de varsta de 16 ani (rasturnand piramida procesului de invatamant - Roco, 2003). Schimbarile de paradigma in domeniul stiintei si educatiei vor fi cel putin la fel de fundamentale ca cele din timpul "tranzitiei la scara micrometrica S&E" care si-a avut originea in anii '50, cand cursa pentru cucerirea spatiului si revolutia digitala au stimulat analiza la scara micrometrica si analiza stiintifica. Noua "tranzitie la scara nanometrica S&E" va schimba fundamentul analizei si limbajul educatiei, stimulate de produsele nanotehnologice. Conceptele de baza necesare pentru convergenta noilor tehnologii trebuie introduse mai devreme in educatie, incepand cu grupul de varsta de 12 ani.

Companiile si organizatiile din domeniul nanotehnologiei se vor restructura in directia integrarii cu alte tehnologii, cu productia distributiva, educatia continua si formarea unor consortii pentru activitati complementare. Tehnologiile traditionale si emergente vor fi afectate la randul lor.

Patru generatii de aplicatii nanotehnologice vor necesita aproximativ 20 de ani de evolutii. Cercetarea si educatia in domeniul ingineriei, incluzand ingineria chimica, joaca un rol cheie in nano-fabricatie iar acest rol se va extinde in viitor din cauza caracteristicilor integratoare, de abordare sistemica si transformarea de caracteristici. Acest rol va fi esential atata timp cat gradul de complexitate a sistemelor la scara nanometrica va creste, iar diferitele discipline ale stiintei si productiei converg. Capacitatile rudimentare ale nanotehnologiei de astazi in domeniul controlului sistemelor si fabricarii la scara nanometrica se apreciaza ca vor evolua in patru generatii de noi produse nanotehnologice avand zone diferite de focalizare in domeniul cercetarii si dezvoltarii. Fiecare generatie de produse este marcata de crearea unor prototipuri comerciale care vor utiliza controlul sistematic al respectivelor fenomene si procese de fabricatie.



***"Nanotehnologia" in sprijinul stiintei si ingineriei, al educatiei si al potentialului uman***

Nanotehnologia devine o "competenta" nationala cheie, ajutand industria existenta sa devina mai competitiva, generand progrese in domeniul cunostintelor si educatiei, sprijinind tehnologiile emergente si dezvoltand produse si proceduri medicale fara precedent, care nu ar putea fi realizate cu ajutorul cunostintelor si instrumentelor actuale. Un motiv principal pentru dezvoltarea NNI a fost viziunea bazata pe actiunea intelectuala in directia exploatarii noilor fenomene si procese, prin dezvoltarea unei stiinte si a unor platforme productive unificate si prin utilizarea interactiunilor moleculare si de la scara nanometrica, pentru un proces de fabricatie eficient. Nanotehnologia are un potential de termen lung de a aduce schimbari revolutionare in societate si de a armoniza eforturile internationale spre un tel, mai mult decat dezvoltarea unui singur domeniu al stiintei si tehnologiei sau a unei singure regiuni geografice. Se preconizeaza o strategie globala ghidata de obiective globale de interes reciproc ale societatii.

Un motiv principal pentru dezvoltarea nanotehnologiei il constituie extinderea limitelor dezvoltarii sustenabile. Una din cai este fabricarea "exacta" la scara nanometrica, cu un consum mic de energie, apa si materiale si cu o risipa redusa la minimum. O alta cale este reducerea efectelor contaminantilor nanostructurati existenti din activitatile traditionale, precum motoarele cu combustie, sau din surse naturale cum ar fi biomineralizarea si fragmentarea sedimentara. O a treia cale consta in controlul evolutiei nanostructurilor existente, de curand emise in mediu. Rolul NNI este de a furniza sprijinul oferit de R&D in dezvoltarea cunostintelor, identificarea posibilelor riscuri la adresa sanatatii, mediului si demnitatii umane si de a informa publicul printr-o abordare echilibrata in ce priveste beneficiile si consecintele posibil neprevazute.

Nanotehnologia are potentialul de a schimba intelegerea de catre noi a naturii si vietii si de a dezvolta instrumente de fabricatie si proceduri medicale fara precedent. Ea are o relevanta larga asupra stiintei si domeniilor ingineresti similare tehnologiei informatiilor. Stiinta si ingineria la scara nano furnizeaza fundamentul material pentru tehnologii convergente capabile sa imbunatateasca potentialul uman.