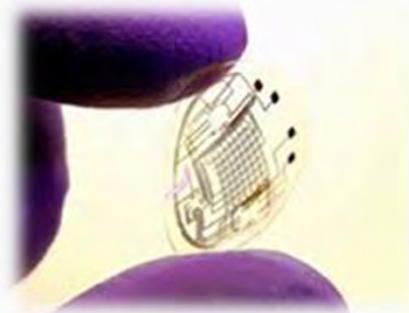




“FARMACI INNOVATIVI, BIOTECNOLOGICI E TERAPIE STAMINALI: FARMACOLOGIA, FARMACOTERAPIA E NORMATIVE”

Roma, 14 aprile 2015



Nanotecnologie dei dispositivi medici impiantabili

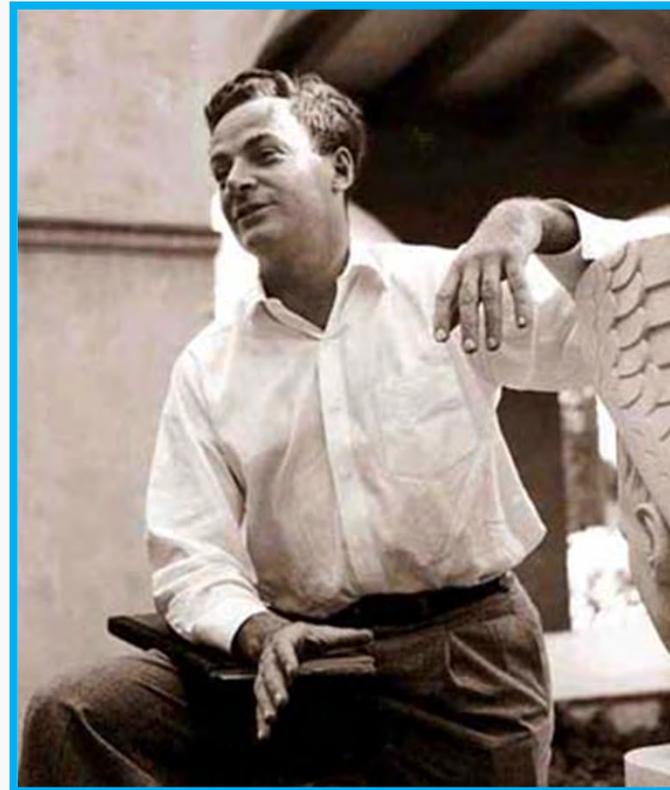
Michele Losole

There is plenty of room at the Bottom

In questo celebre e profetico discorso nel 1959 al Caltech, intitolato «*There is plenty of room at the Bottom*» («*C'è un sacco di spazio giù in fondo*»), Richard Feynman (Nobel '65, Fisica) di fatto diede inizio alla ricerca mondiale nel campo della *Nanoscienza*.

Nel suo incisivo discorso, teorizzò la possibilità futura di operare sulla materia a livello atomico, lanciando una vera sfida ai giovani scienziati.

“... A livello atomico, abbiamo nuovi tipi di forze, di possibilità e nuovi tipi di effetti. ... I principi della fisica, a mio modo di vedere, non escludono la possibilità di manipolare la materia atomo per atomo. Non è un tentativo di violare delle leggi; ma è qualcosa che, in linea di principio, può essere fatto; ma in pratica non è stato ancora fatto perché siamo troppo grandi. In definitiva, siamo in grado di fare la sintesi chimica...”

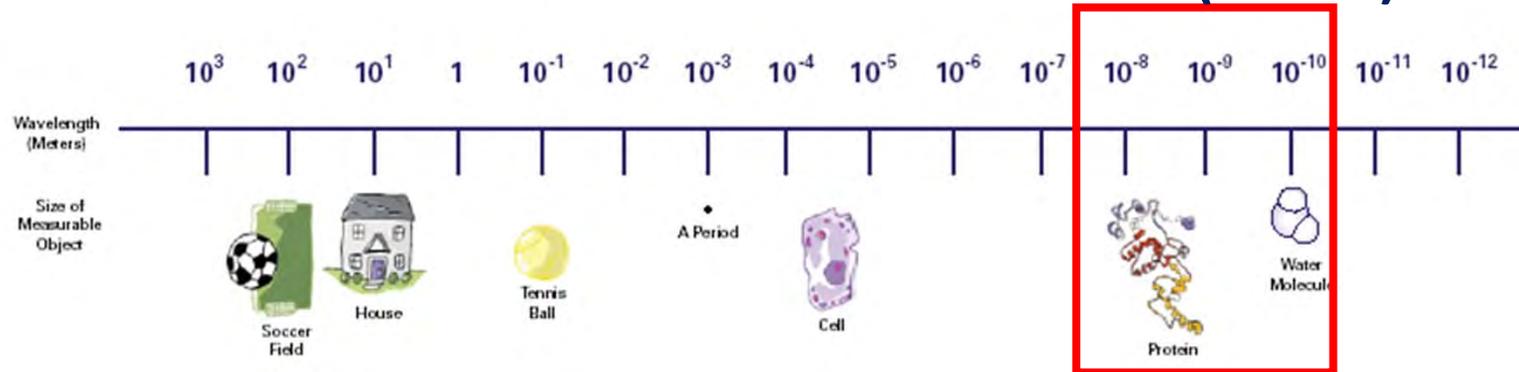


Courtesy of The Archives, California Institute of Technology

NANO? Punti di vista...

Il prefisso «nano» indica “*un miliardesimo*” di una determinata quantità matematico-fisica

1 nano-metro → 1 miliardesimo di metro (10^{-9} m)



La **Nanoscienza** riguarda quindi le metodologie di studio di oggetti di dimensioni comprese fra 1 e 100 nm, che vanno dagli **atomi**, alle **molecole** fino alle cosiddette **macromolecole**

globulo rosso → 100 nm

piccola proteina → 10 nm

piccola molecola → 1 nm

legame chimico → 0.1 nm

Nano-scienze!

Si occupano dello *studio dei fenomeni* e della *manipolazione di materiali su scala nanometrica* (cioè su scala atomica, molecolare o macromolecolare, compresa fra 1 e 100 nm), condizioni nelle quali le *proprietà chimiche e fisiche della materia differiscono* sensibilmente da quelle osservate su *scala macroscopica*.





515 abitanti (2013)

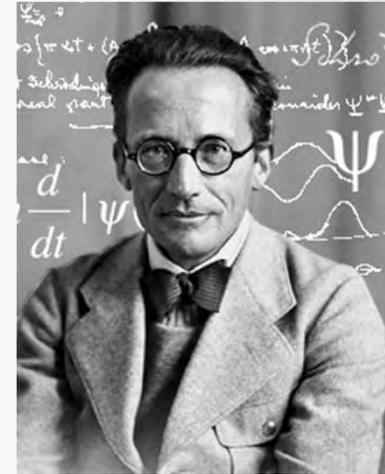
In questo paesino calabrese Mauro Ferrari, Presidente del Methodist Research Institute di Houston – scienziato di fama internazionale e noto nel nostro Paese per essere stato indicato come presidente del Comitato ministeriale sul metodo Stamina – e sua moglie Paola, pur vivendo da parecchi anni negli States un po' per caso, prendono casa qui e dal 2008 invitano alcuni amici per discutere di scienza in un contesto informale...

Materia...diversa

- Il comportamento della materia a **livello nanometrico** *non può essere previsto* in base alle nostre conoscenze a **livello macroscopico**.
- Non si tratta solamente di una riduzione di dimensioni, ma c'è ***l'insorgere di fenomeni intrinseci alle nanodimensioni***.

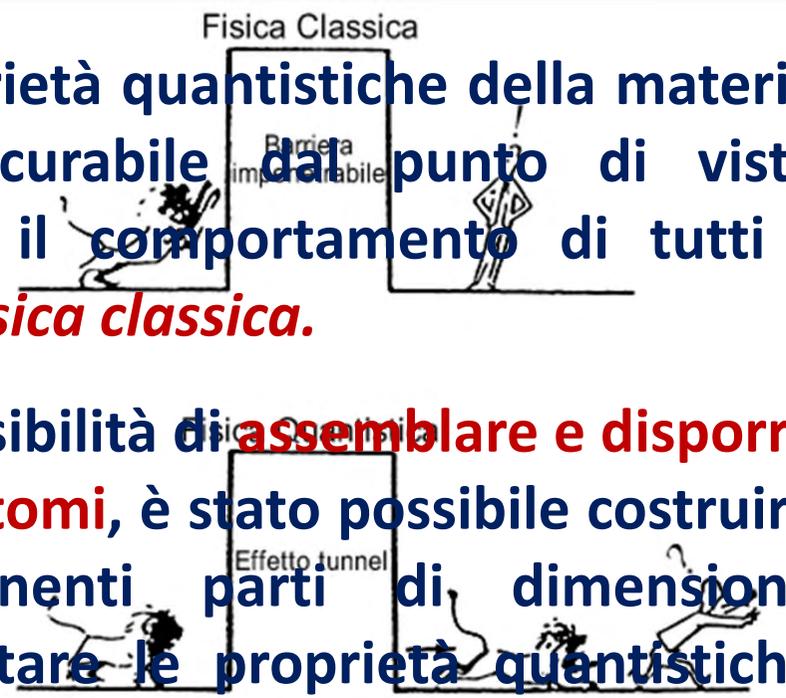
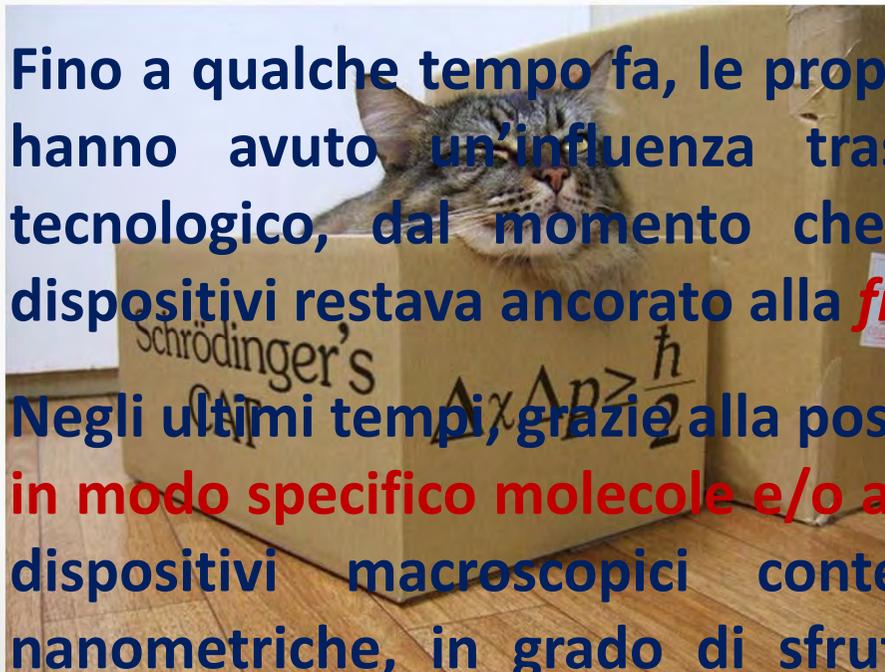
Nano...strano?

Il fatto che il comportamento dei singoli atomi e dei loro aggregati (molecole) sia regolato da leggi diverse da quelle del mondo macroscopico, spesso controintuitive, è noto a fisici e chimici dall'inizio del XX secolo e ha portato alla **meccanica quantistica**



Fino a qualche tempo fa, le proprietà quantistiche della materia hanno avuto un'influenza trascurabile dal punto di vista tecnologico, dal momento che il comportamento di tutti i dispositivi restava ancorato alla **fisica classica**.

Negli ultimi tempi, grazie alla possibilità di **assemblare e disporre in modo specifico molecole e/o atomi**, è stato possibile costruire dispositivi macroscopici contenenti parti di dimensione nanometriche, in grado di sfruttare le proprietà quantistiche della materia



Nanotecnologie

Col termine “*Nanotecnologie*” si intende la capacità di *osservare, misurare e manipolare* la materia su scala atomica e molecolare.

Sono tutte le **metodologie** che si occupano della **progettazione, caratterizzazione, produzione e applicazione** di **materiali, dispositivi e sistemi**, che *contengono parti di dimensioni nanometriche.*



L'obiettivo è ottenere materiali e prodotti con **speciali caratteristiche chimico-fisiche.**

Nanotecnologie e proprietà

- Gli stati e le combinazioni della materia vivente sono limitati: in alcuni casi non può la materia, ad esempio, sopportare le alte temperature.
- Grazie alle tecnologie moderne, invece, si possono creare *condizioni artificiali* nelle quali la materia rivela proprietà sorprendenti.
- Quando le dimensioni delle particelle di un qualsiasi materiale si avvicinano al *nanometro*, esso assume *proprietà completamente NUOVE*, che sono influenzate profondamente dalle dimensioni delle nanoparticelle stesse, che possono essere anche *combinare* .

Nanotecnologie...naturali

Ad esempio, nel **NANOCOSMO**:

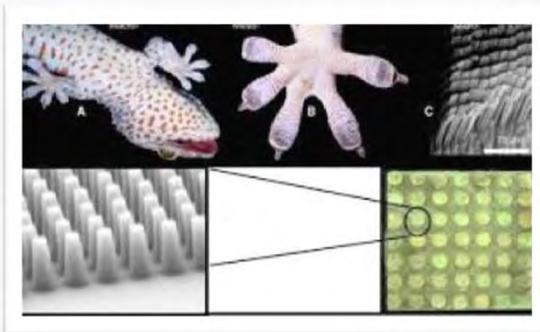
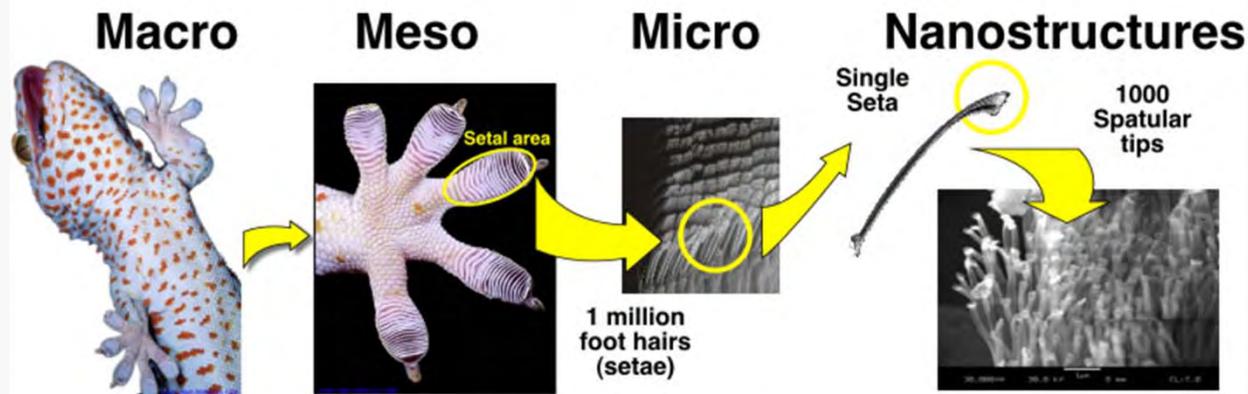
- Osservando il comportamento di metalli, essi possono diventare *semiconduttori* o *isolanti*
- Ci sono alcune sostanze che convertono la *luce* in *corrente elettrica*
- Altre, come il selenuro di cadmio (CdSe), diventano fluorescenti, emettendo *luce di colore differente* a seconda delle dimensioni delle nanoparticelle



Ma anche...

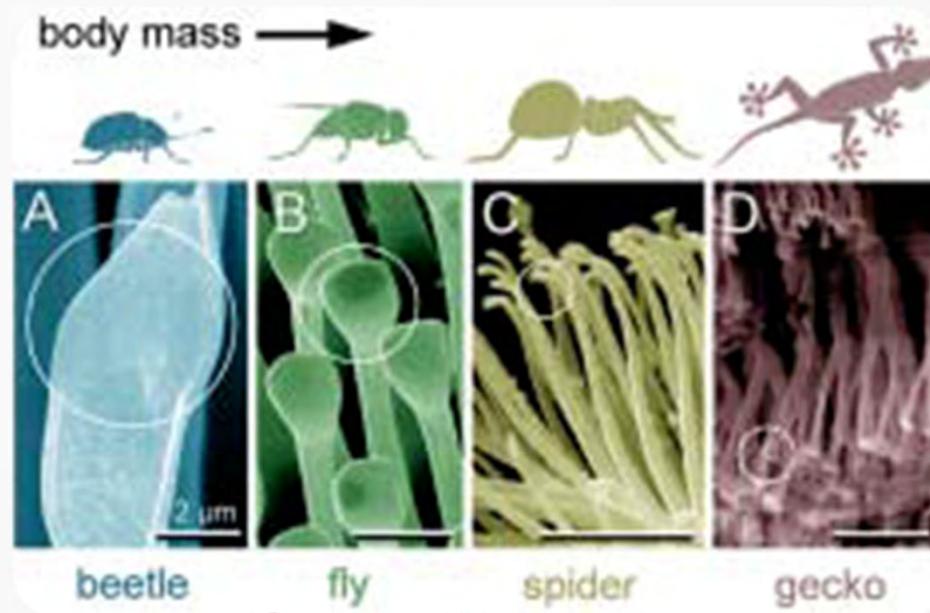
I gechi possono muoversi su qualunque superficie: questo perché i loro polpastrelli sono ricoperti da diversi **milioni di setole** di dimensioni nanometriche in grado di instaurare con gli atomi della superficie, interazioni di **Van der Waals**

Gecko adhesive system



Nano e...Van der Waals

Tale legame, una **forza debolissima**, moltiplicato per miliardi di punti di aderenza, sostiene il peso del geco. D'altra parte, il legame viene meno facilmente, nello stesso modo con cui si stacca un nastro adesivo.

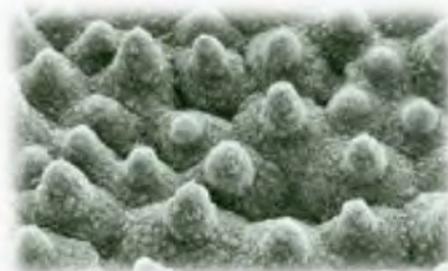


Più l'animale pesa, più sottili e numerose sono le setole

Nano-effetto loto



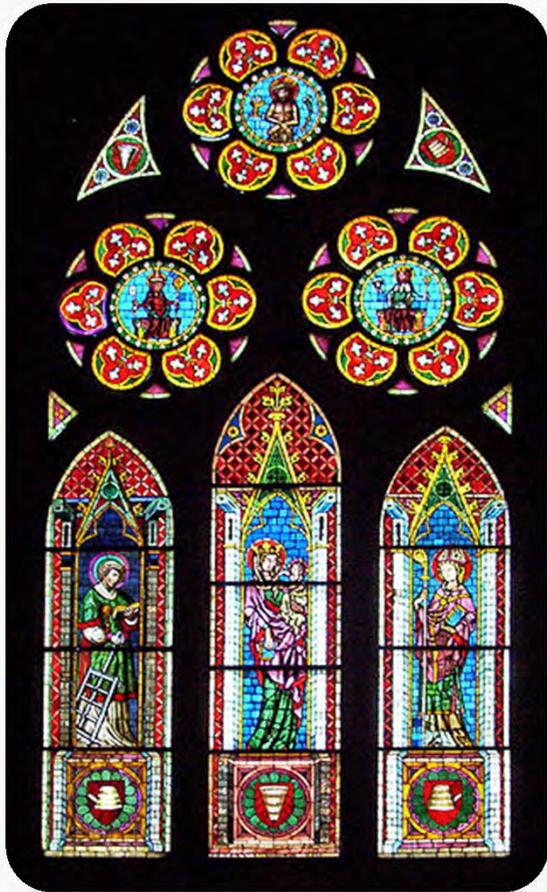
Il Loto mantiene pulite le sue foglie grazie al cosiddetto **effetto loto**. Questo fenomeno è dovuto alla superficie rugosa (su **scala nanometrica**) delle foglie che fa rapidamente scivolare via l'acqua, ma anche la sporcizia.



L'effetto loto, studiato approfonditamente all'università di Bonn è già stato utilizzato in una gamma di prodotti, come le pitture per esterni su cui l'acqua scivola via portando con sé lo sporco, e per la realizzazione di particolari tessuti impermeabili.

Nanoapplicazioni...storiche

Nel Medio Evo, i maestri vetrai realizzavano le vetrate colorate delle cattedrali gotiche senza utilizzare sali colorati di metalli di transizione, ma disperdendo nel vetro **piccole quantità d'oro**.



Tale fenomeno non dipende da trasformazioni chimiche che coinvolgono il metallo, ma dal fatto che nell'impasto vetroso sono presenti particelle di oro, di dimensioni nanometriche, in grado di assorbire la radiazione luminosa.

È un'applicazione nanotecnologica ante-litteram!

Nanotecnologie come Tecnologie alternative

- Sostituiscono precedenti tecnologie sia attraverso *prodotti e processi radicalmente nuovi*, sia rendendo *altamente efficienti processi già noti*.
- Favoriscono le interazioni e collaborazioni interdisciplinari tra settori tradizionalmente separati, portando a lavorare assieme esperti e creando *opportunità per nuove idee*.

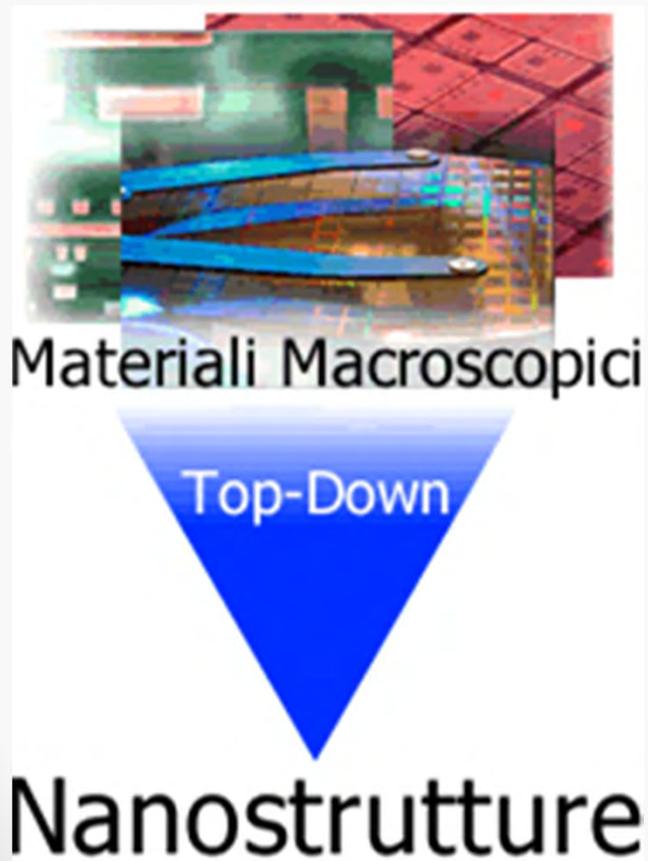
Approcci operativi alle nanotecnologie

Per operare con le nanotecnologie si utilizzano due tipi di approcci:

- **TOP-DOWN** (dall'alto verso il basso): Il processo procede da macro a nano, riducendo progressivamente le dimensioni sino al raggiungimento di nanostrutture.
- **BOTTOM-UP** (dal basso verso l'alto): Si sintetizzano nanostrutture a partire da singoli atomi, ottenuti tramite auto-assemblaggio molecolare.

Approccio TOP DOWN

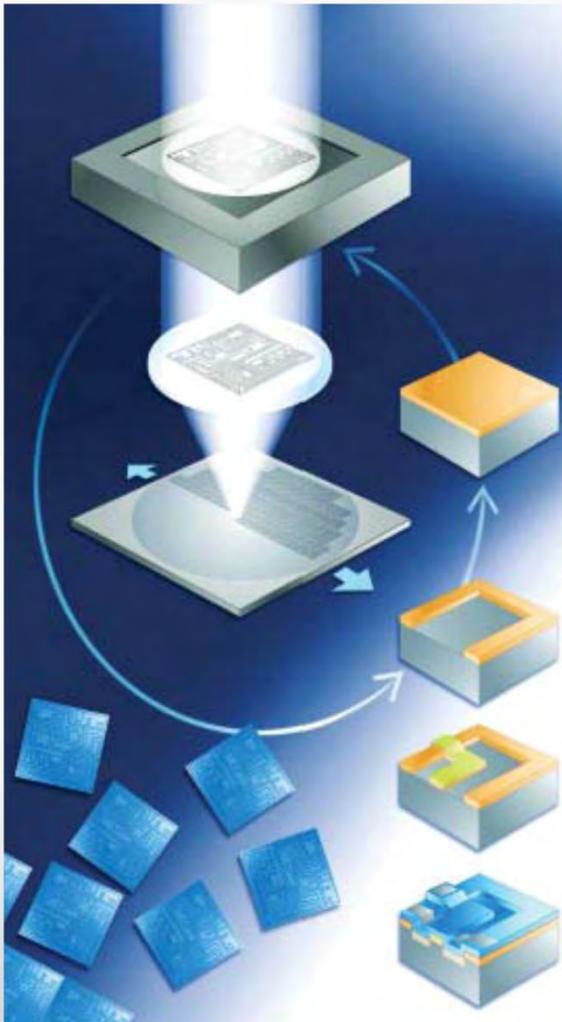
Oggi, i microchip vengono prodotti utilizzando un approccio “top-down”, basato sulla *fotolitografia*



L'uso delle nanotecnologie costituisce un'opportunità di miniaturizzare i dispositivi oltre i limiti attuali, a costi più limitati rispetto alle tecnologie oggi utilizzate

Processo fotolitografico

Nel processo fotolitografico, la superficie levigata di un semiconduttore, un wafer di silicio, viene ricoperta da uno strato protettivo fotosensibile sul quale viene proiettata l'immagine di un circuito, rimpicciolita grazie ad un sistema di lenti.

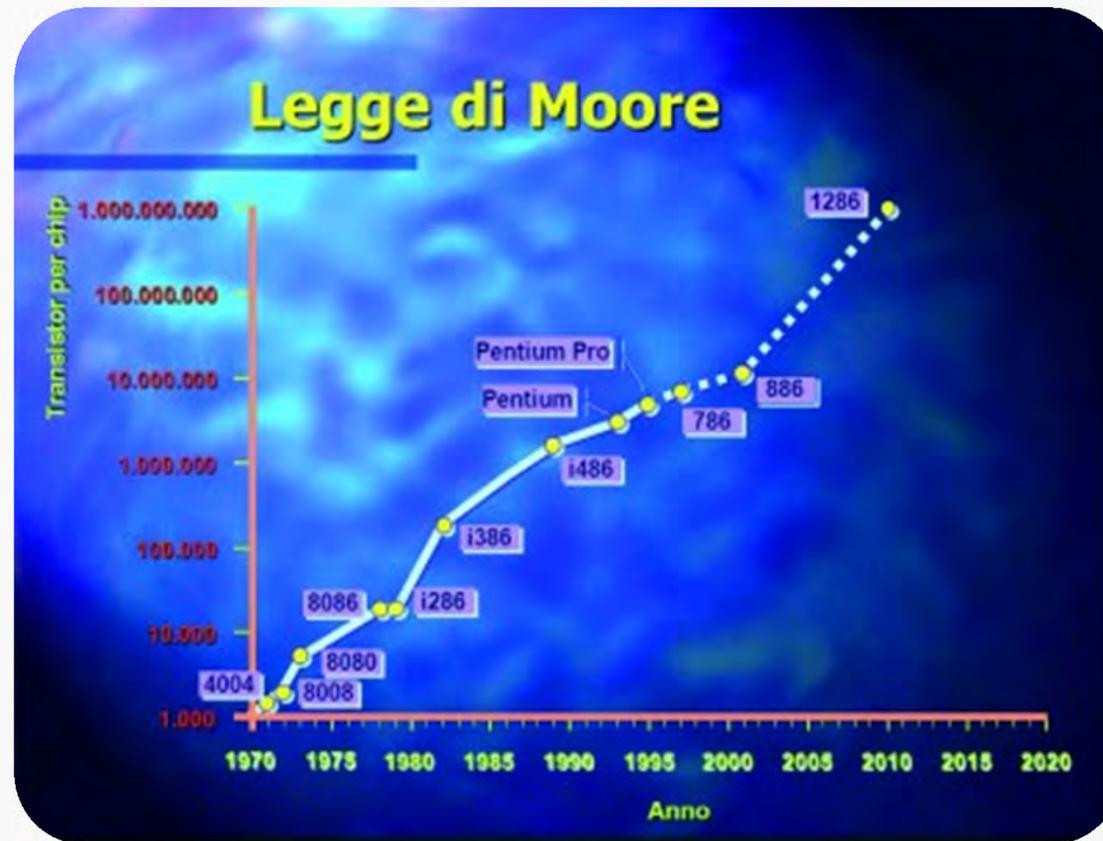


Lo sviluppo di questo rivestimento protettivo evidenzia le zone esposte del wafer, che acquisiscono in seguito le proprietà elettriche richieste mediante processi quali **l'incisione**, **l'impianto ionico** e la **deposizione**.



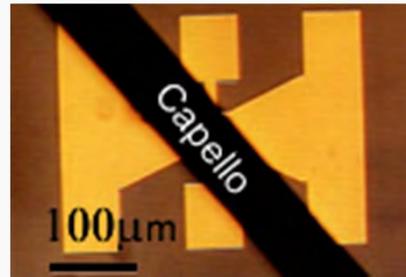
Gordon Moore

L'utilizzo del processo fotolitografico ha finora permesso di *dimezzare le dimensioni dei microchip ogni 18 mesi circa* (a parità di capacità), cioè di quadruplicarne la capacità a parità di dimensioni, secondo quanto previsto dalla “*1^a legge di Moore*” (1965).



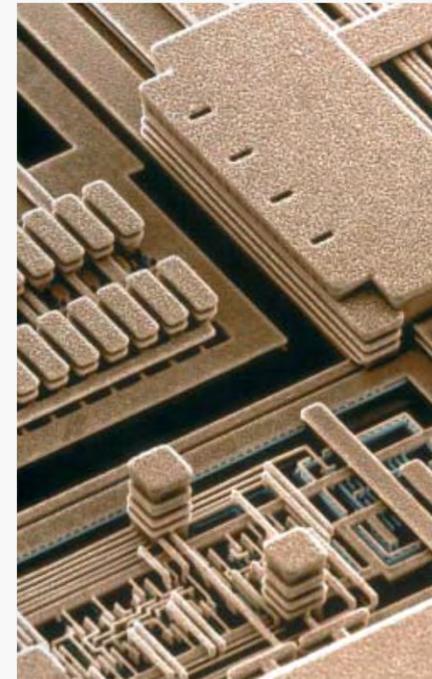
I limiti di processo

Le tecniche di fotolitografia fino ad oggi utilizzate ci consentono di costruire microchip contenenti più di 100 milioni di transistor, aventi dimensioni dell'ordine dei 100 nm.



Scendere al di sotto di tale soglia implica due tipi di problemi:

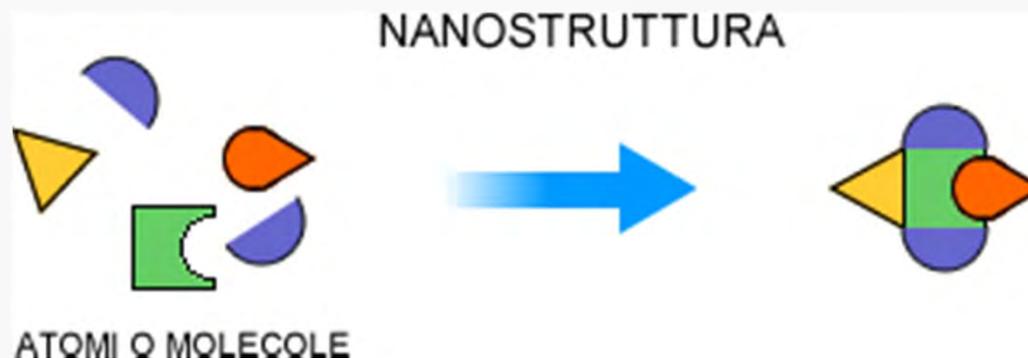
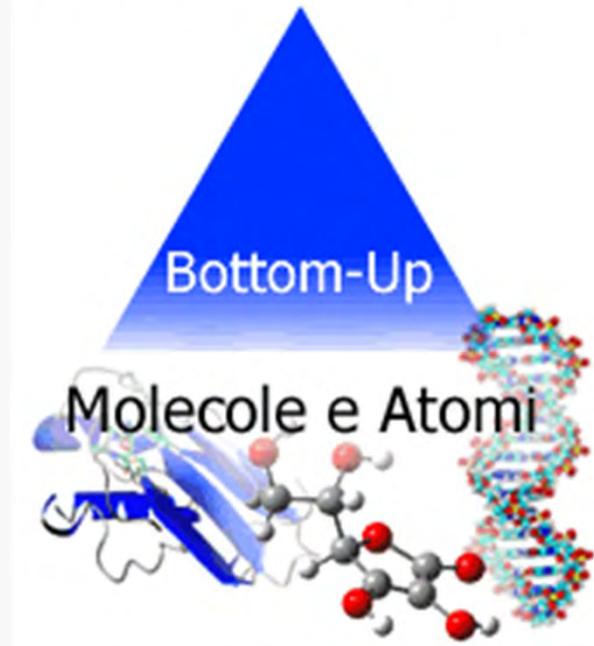
- difficoltà ad ottenere strutture accurate e riproducibili
- necessità di utilizzare radiazioni di piccola lunghezza d'onda ed elevata energia (fasci di elettroni o Raggi X)



Le nuove frontiere

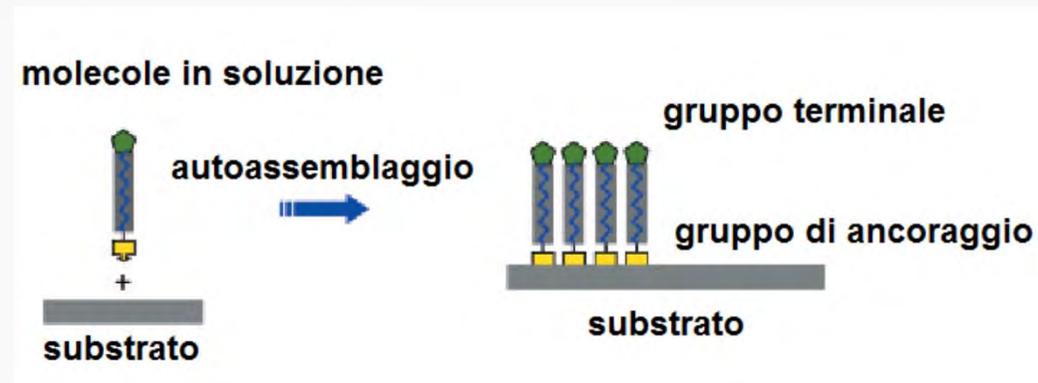
Tali difficoltà possono essere risolte utilizzando un secondo approccio nanotecnologico, di tipo “**bottom-up**”: esso prevede la **costruzione di dispositivi elettronici di dimensioni nanometriche**, ottenuti assemblando e disponendo in modo specifico **molecole (o atomi)** dotate di proprietà opportune ed in grado di auto-organizzarsi su opportuni supporti (*Computers molecolari?*)

Nanostrutture



Auto assemblaggio chimico

L'auto-assemblaggio chimico permette di disporre in modo ordinato e ripetitivo molecole su un supporto, realizzando strutture funzionali con un *livello dimensionale superiore*.



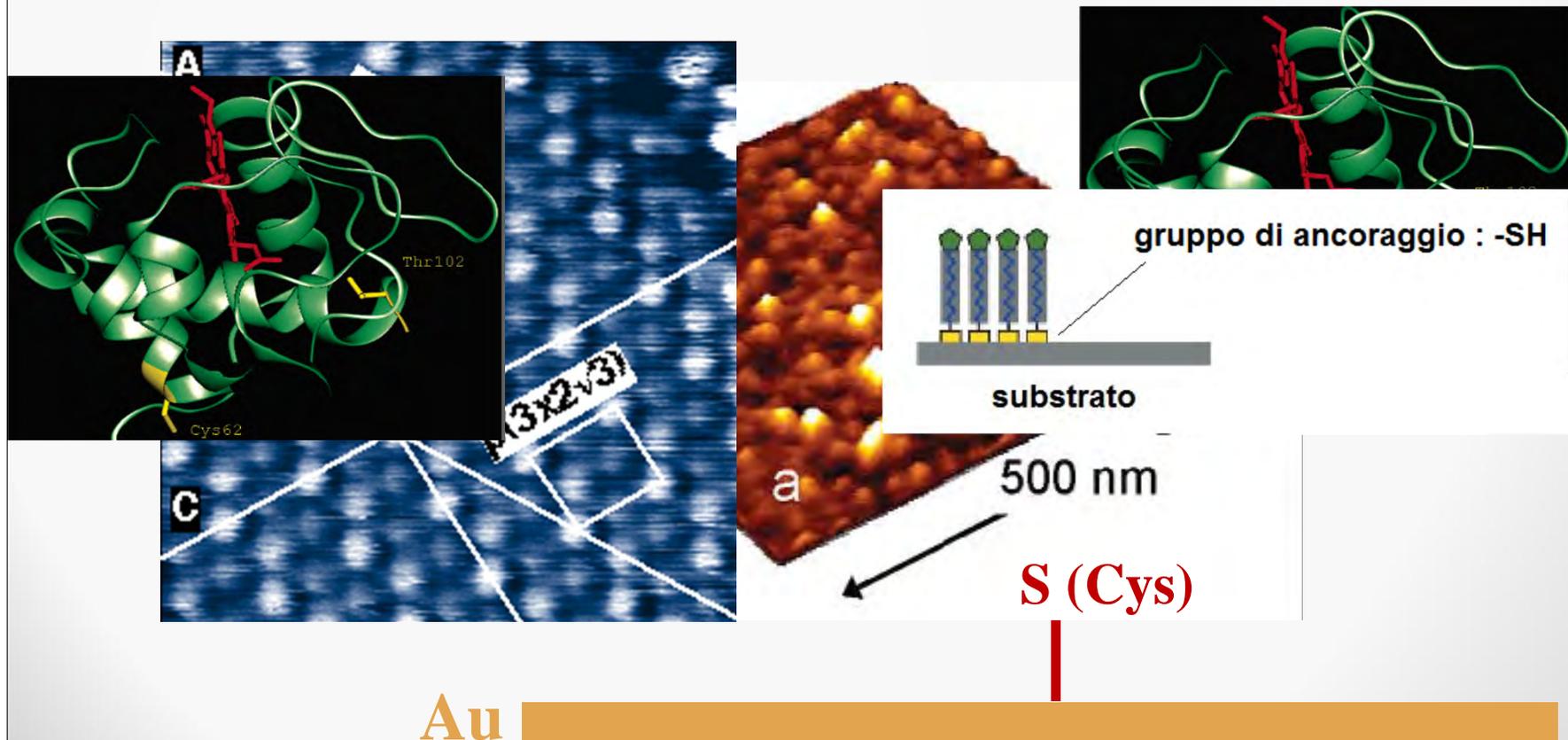
Le strutture così ottenute (*monostrati*), sono:

- facili da preparare e veloci da fabbricare, a partire da soluzioni delle molecole da assemblare
- ordinate a livello molecolare e robuste
- termodinamicamente stabili, si formano spontaneamente e tendono a limitare i difetti



Nulla si crea...

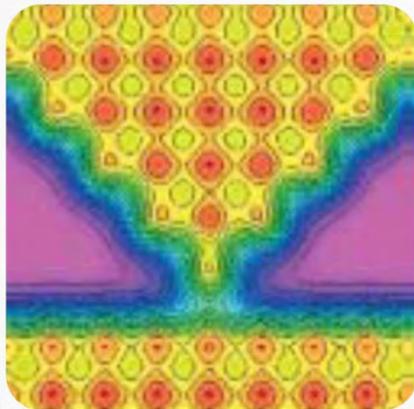
L'auto-assemblaggio chimico permette di **controllare la struttura e le proprietà** del sistema ordinato risultante, semplicemente **giocando sulla struttura delle unità molecolari di partenza**, che possono essere, ad esempio, molecole organiche relativamente semplici o macromolecole biologiche (come proteine, enzimi o acidi nucleici)



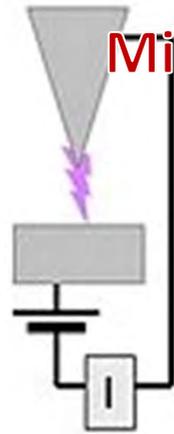
Dall'osservazione alla manipolazione

La microscopia a scansione di sonda (SPM, Scanning Probe Microscopy) è un ramo della *microscopia* che forma le immagini di superficie usando una sonda fisica che esegue la scansione del campione. Un'immagine della superficie è ottenuta meccanicamente spostando la sonda in un *raster di scansione* (*raster scan*) del campione, riga per riga e *registrando l'interazione sonda-superficie in funzione della posizione*.

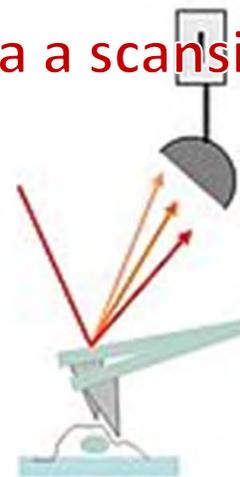
Scanning Probe Microscopy (SPM)



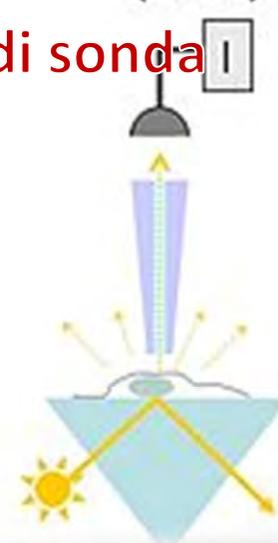
Scanning Tunneling
Microscopy (STM)



Atomic Force
Microscopy (AFM)



Scanning Near-field
Optical Microscopy
(SNOM)

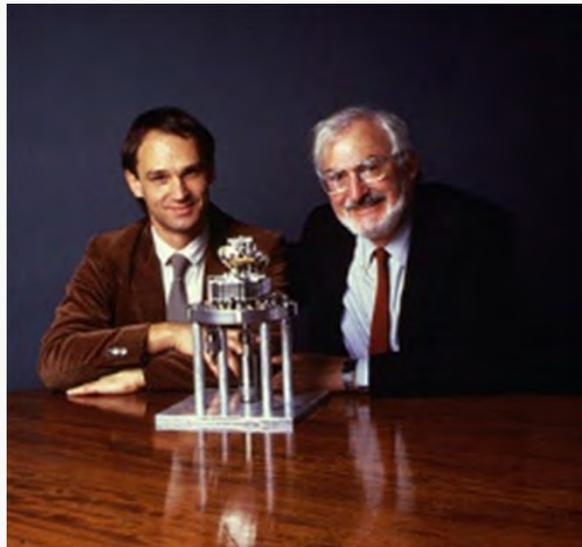


Microscopia a scansione di sonda

Microscopia ad effetto tunnel

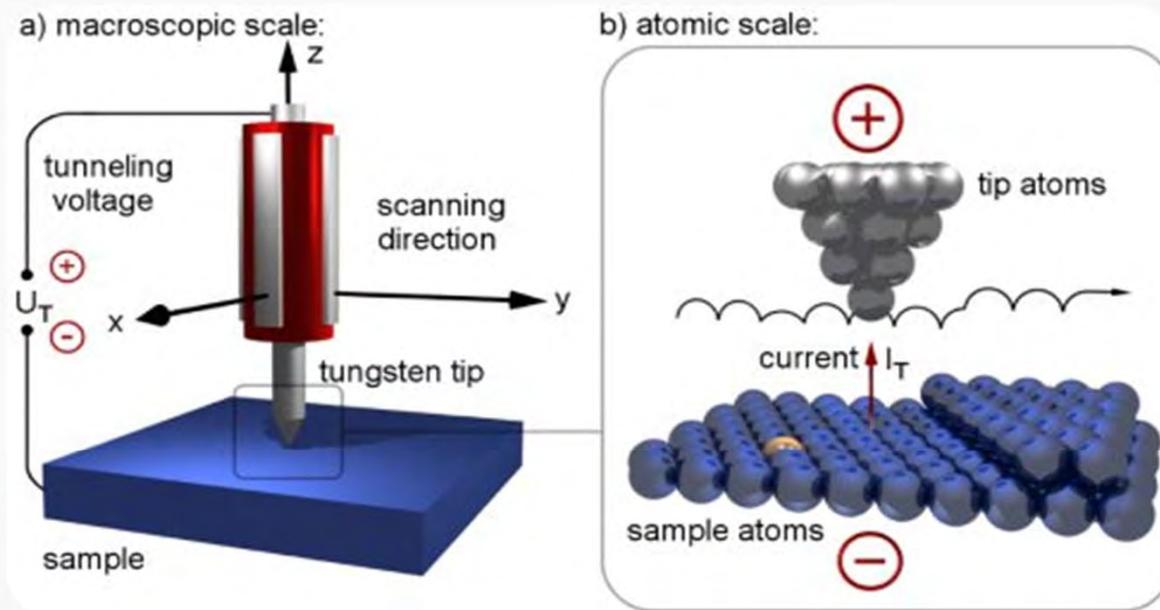
La SPM è stata istituita nel 1981, quando due ingegneri della **IBM**, Heinrich Rohrer e Gerd Binnig, realizzarono il primo prototipo di **STM-Scanning Tunnelling Microscope** (microscopio ad effetto tunnel). Nel 1986 ottennero il Premio Nobel.

Molti microscopi a scansione di sonda sono in grado di raffigurare molte interazioni simultaneamente. La maniera di utilizzare queste interazioni per ottenere un'immagine è generalmente chiamata **modo**.



STM per manipolazione atomica

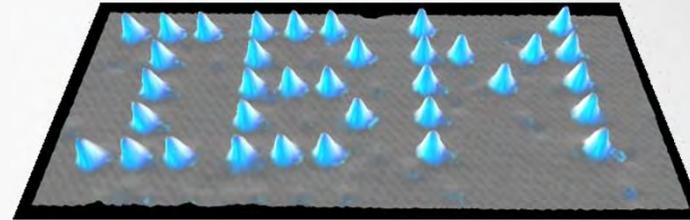
L'STM utilizza una sonda metallica che scorre sul campione senza mai toccarlo. Tra l'atomo della punta e gli atomi della superficie si instaura una *differenza di potenziale* che fa sollevare la punta stessa. Il sistema registra la variazione ed elabora un *profilo digitale della struttura atomica*



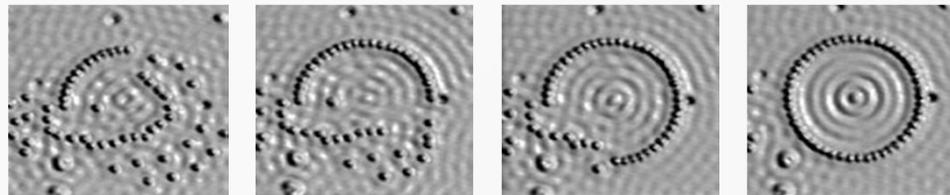
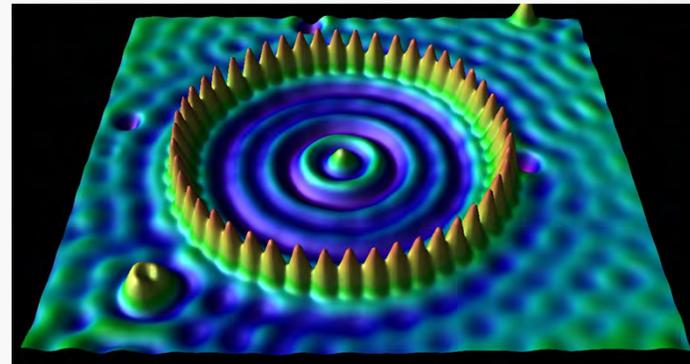
L'STM può essere impostato in *modalità manipolazione*: variando l'intensità di corrente è possibile *catturare un atomo e spostarlo in altro sito*.

Un mondo a misura...d'atomo

Nel **1989**, negli stessi laboratori IBM in cui nacque l'STM, si realizza il celebre “Logo IBM”, depositando 35 atomi di xeno su di un chip nichel.



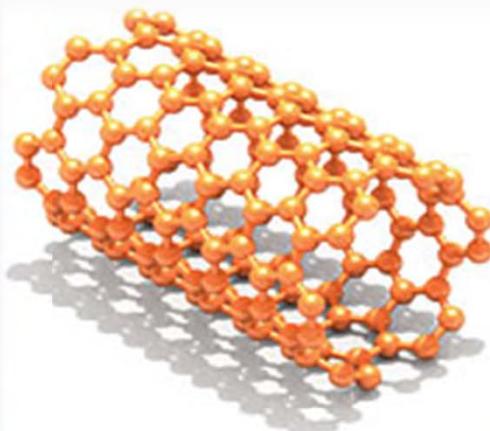
Nel **1993**, un esperimento porta alla nascita del primo “*Quantum Corral*”, letteralmente “**recinto quantico**”: si tratta di una serie di 48 atomi di ferro (Fe) depositati in modo circolare su una superficie di rame (Cu).



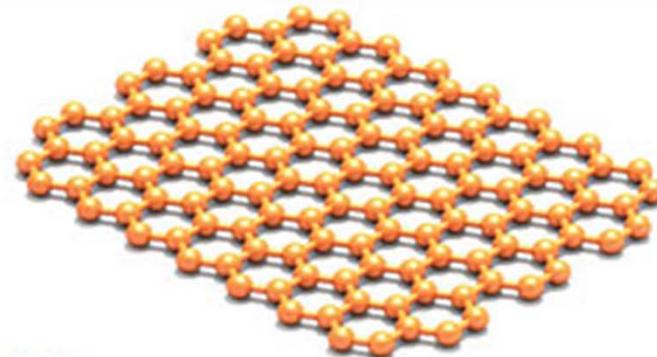
Per la prima volta si ebbe una conferma “visiva” della fondatezza della *meccanica quantistica*: la superficie di rame mostrava, infatti, delle onde concentriche dovute alla presenza degli elettroni del metallo.

Il re Carbonio...

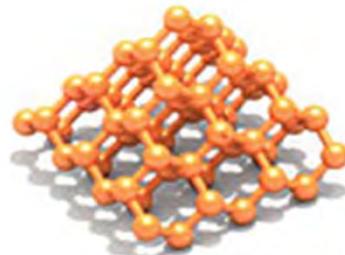
- Principe della Chimica-Organica, il Carbonio è un elemento dalle enormi potenzialità.
- In natura si presenta in diverse forme allotropiche: **Diamante**, **Grafite** e **Fullerene**.



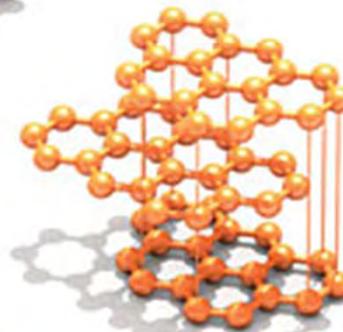
Nanotube



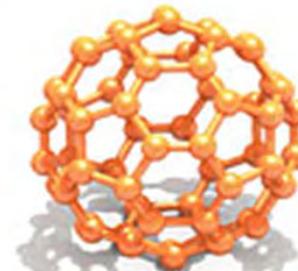
Graphene



Diamond



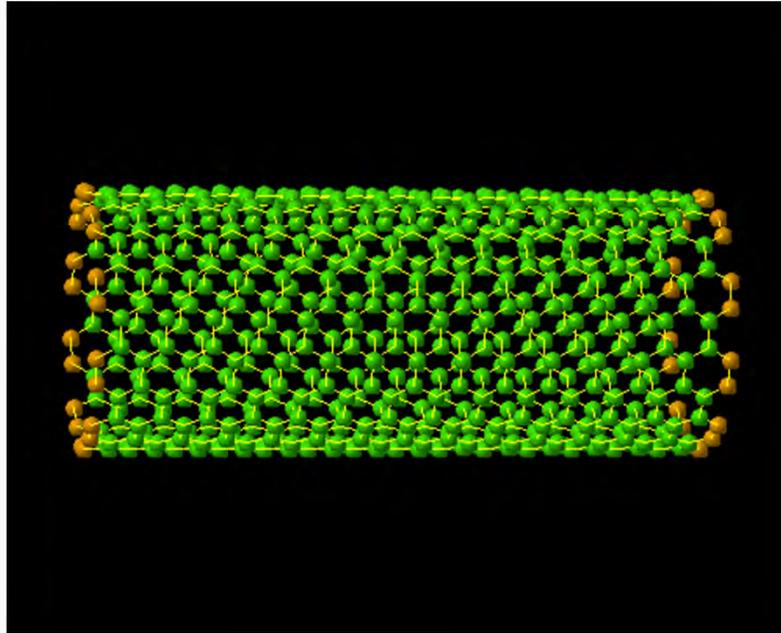
Graphite



Fullerene

I nanotubi di Carbonio

Nel 1991, Sumio Iijima, ricercatore giapponese della NEC, isolò e studiò i primi **nanotubi di carbonio**.



Di diversa morfologia, i nanotubi di carbonio presentano notevoli caratteristiche: **leggerezza**, **resistenza alla trazione**, **elevata conducibilità elettrica**, possibilità di fungere da **vettori per altre nanoparticelle**.

A che punto siamo

- Nella corsa mondiale alle nanotecnologie si stanno facendo enormi passi avanti.
- L'Europa ha concretizzato investimenti in molti programmi di nanoscienza che hanno preso il via tra la metà e la fine degli anni '90.
- Ha così sviluppato una solida base di conoscenze e adesso deve fare in modo che l'industria e le società europee possano coglierne i frutti, sviluppando prodotti e processi innovativi.

Il meccanismo non è molto diverso da quello del velcro

In Italia si studia la tuta di Spiderman

...2007...

Secondo ricercatori del Politecnico di Torino potrebbe essere pronta entro dieci anni. E' basata sull'uso di nanotecnologie



L'attore Tobey Maguire interpreta Spiderman nel film di Sam Raimi (Columbia Pictures)

LONDRA - E se entro una decina di anni fosse possibile a tutti emulare le gesta di Spider Man e mettersi a scalare i muri dei grattacieli? Pare che a crederci siano i ricercatori del Politecnico di Torino, visto che stanno mettendo a punto una tuta speciale, con scarpe e guanti resi adesivi grazie a una particolare colla fatta di «nanotubi» di carbonio, in grado di aderire a qualunque superficie e di staccarsi con facilità. In pratica, i nanotubi, dotati di piccolissimi uncini, si comporterebbero come una specie di velcro. Esattamente come succede a ragni e gechi, la cui capacità di muoversi su ogni superficie è stata oggetto di studio da parte degli scienziati italiani, nell'intento di capire come ricostruire in laboratorio quest'attitudine naturale. A capo dell'equipe torinese che sta approntando la formula della «tuta di Spider Man», riportata anche sul «Journal of Physics», c'è l'ingegnere e fisico Nicola Pugno, che ne ha annunciato la creazione entro il 2017. Stando alla spiegazione che lo scienziato ha dato al «Times», i nanotubi combinerebbero tre forze, ovvero la frizione; l'aderenza dovuta alle «forze di Van der Waals» (ovvero una debole forza che si traduce in un'attrazione fra molecole molto vicine) e l'aderenza capillare (visibile in un bicchiere di acqua quando il bordo del liquido viene tirato leggermente più in alto del resto).

Già oggi...

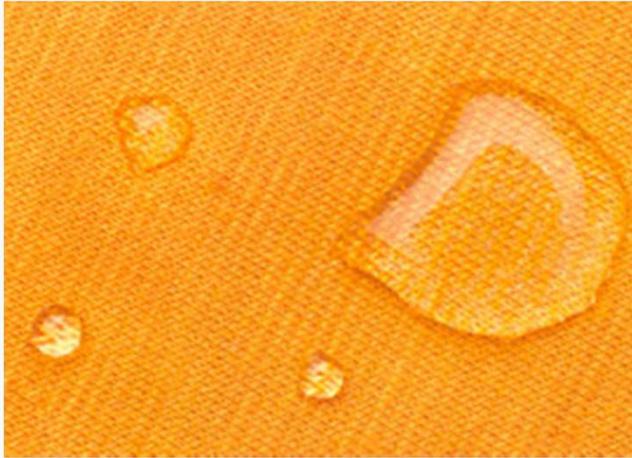
Le nanotecnologie hanno già un ruolo significativo nella nostra vita

Le nanoparticelle e i materiali nanostrutturati sono utilizzati in molti oggetti e prodotti di uso comune



Nanotubi di carbonio sono utilizzati per rinforzare le teste di
Le palle da tennis "double core" contengono uno strato di
delle mazze da golf mentre le nanoparticelle di matita tennis
nanoparticelle di argilla mescolate con gomma che crea un
ceramico aumentano la resistenza alla torsione del manico
labirinto che rallenta l'uscita dell'aria tenendole gonfie più a lungo

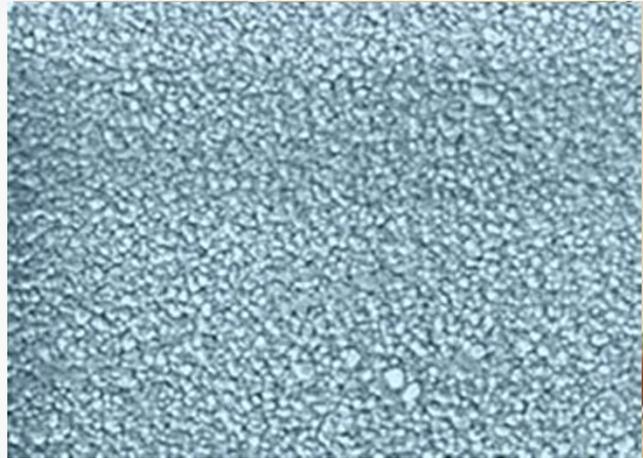
Il tessuto autopulente



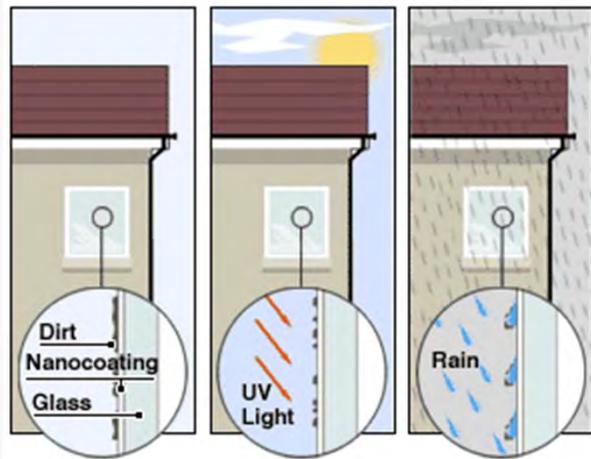
Nanoparticelle di sostanze organiche sono utilizzate per produrre tessuti **traspiranti**, ma perfettamente **impermeabili** ed **autopulenti**



Il vetro autopulente



Uno strato di nanoparticelle di **biossido di titanio** catalizza la **fotodegradazione delle molecole di sporco** da parte della luce solare, e forma uno strato superficiale idrorepellente, permettendo il **lavaggio dello sporco** da parte dell'acqua piovana



Cosmesi



Nanoparticelle sono spesso contenute in cosmetici, shampoo e in creme per il corpo

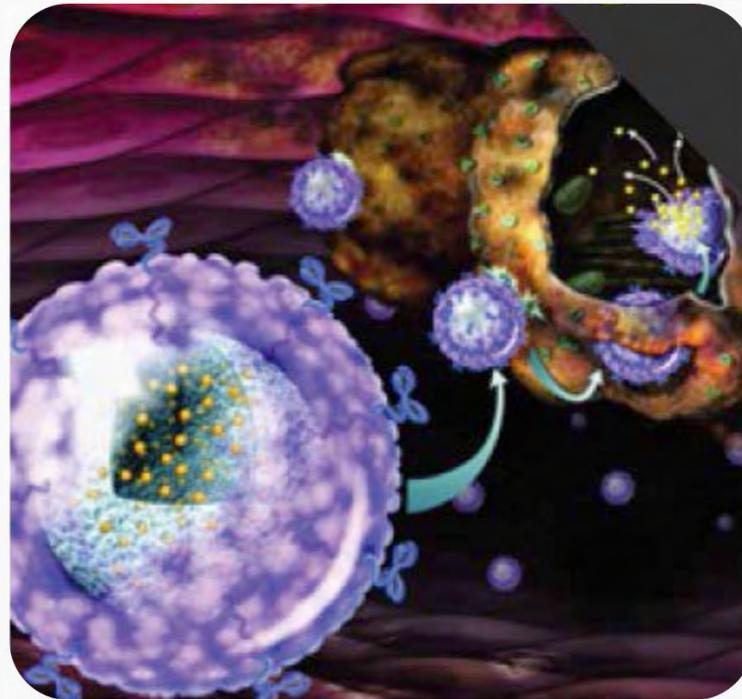
Nanoparticelle di ossido di zinco sono contenute in alcune creme che proteggono efficacemente dai raggi solari, ma sono invisibili

Nanoparticelle di argento vengono utilizzate come antibatterici in tessuti o nelle testine degli spazzolini



Nanomedicina

La nanomedicina è definita come il settore in cui la *nanotecnologia è applicata alla medicina* per sviluppare sistemi diagnostici e trattamenti terapeutici innovativi per migliorare la *prevenzione, cura e diagnosi* di malattie incurabili.



Ambiti della nanomedicina

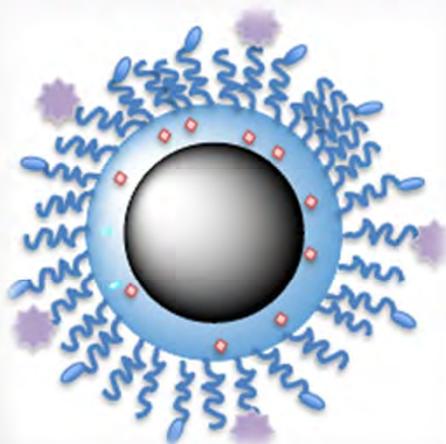
Data l'apertura di nuove prospettive per la ricerca medica, la nanomedicina può essere sicuramente considerata come uno dei *settori emergenti di più grande impatto sociale* dei prossimi decenni. Infatti, si può dire che l'introduzione delle nanotecnologie in bio-medicina ha già avuto un sostanziale impatto in tre ambiti fondamentali: quello *terapeutico*, quello *diagnostico* e nella *medicina rigenerativa*.

Nanomedicina...come nasce

Storicamente l'inizio della nanomedicina può essere collocato con l'approvazione clinica del **liposoma caricato con farmaci chemioterapici**, come **nuovo agente anti-tumorale** più efficace e con effetti collaterali più mitigati. Da quel momento, un grande sforzo prima della comunità scientifica degli scienziati dei materiali e poi di quella biomedica, è stato volto allo sviluppo tecnologico di nuovi nano-sistemi ibridi, più avanzati, multifunzionali, costituiti dall'associazione di più materiali.

Sistemi Teranostici

Tali sistemi nano-strutturati e talvolta multicomponenti, chiamati *Teranostici* (terapeutici e diagnostici), hanno trovato largo utilizzo in biomedicina, per esempio come *sistemi per il rilascio controllato di farmaci* o come *agenti di contrasto performanti* o come *matrici biocompatibili per la crescita cellulare* in medicina rigenerativa.

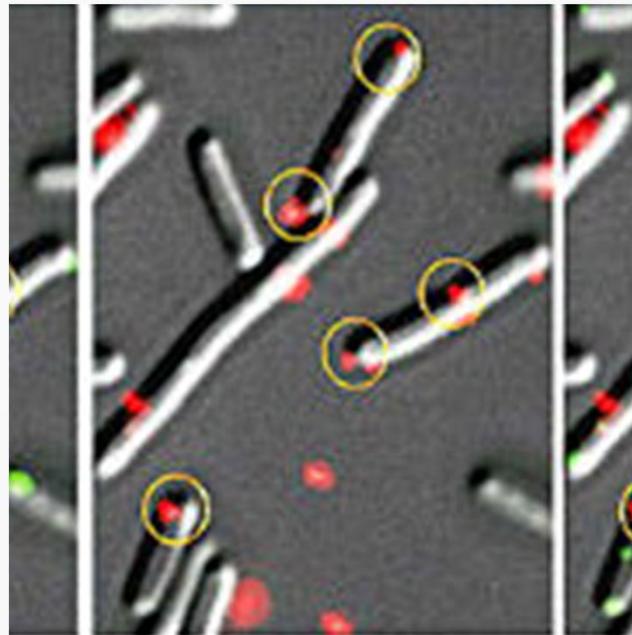


Schema di una nanoparticella multifunzionale che permette il trasporto mirato di farmaci alle cellule tumorali e che può essere tracciata in vivo grazie alla funzionalizzazione con marker specifici (tratta da F. Baldelli Bombelli et al., The Lancet Oncology, 2014)

-  Indicatore diagnostico (PET, MRI)
-   Farmaci anti-tumorali
-  Legante specifico per una terapia mirata

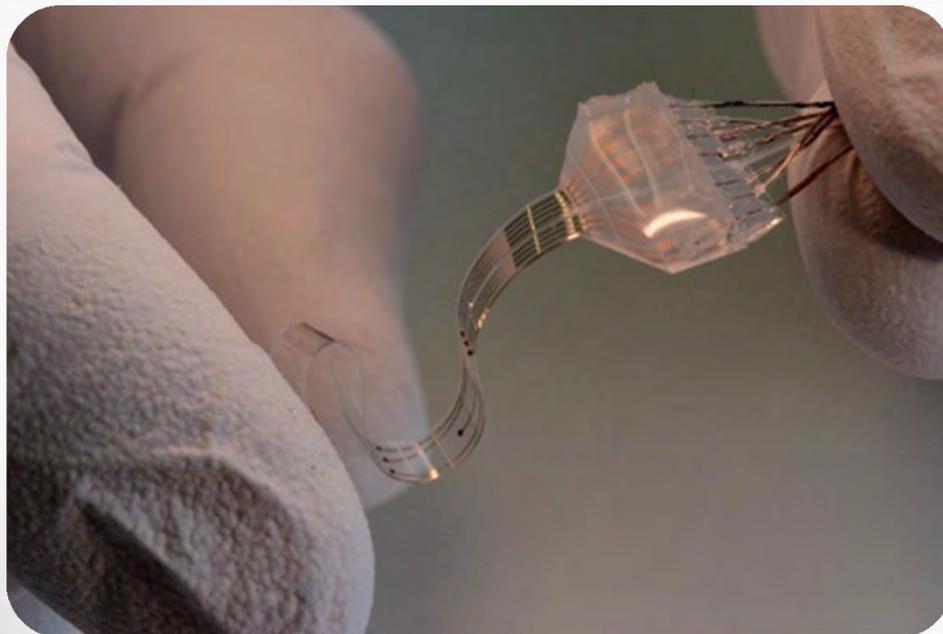
Cancro - Nanotecnologia per verificare efficacia nuovi farmaci. Con tempi e costi ridotti

Si chiamano **quantum dots** e sono **nanocristalli capaci di reagire ai processi biologici**. Individuabili con una «luce speciale» o con una risonanza magnetica sono in grado di "tracciare" l'efficacia di un farmaco contro le cellule tumorali. *Con tempi e costi ridotti per la sperimentazione dei cosiddetti nuovi «anti cancro».*



Una neuroprotesi impiantabile a lungo termine

Morbido, flessibile e dotato di proprietà meccaniche quasi identiche a quelle della dura madre che circonda cervello e midollo spinale. Il nuovo dispositivo si può integrare perfettamente con il sistema nervoso centrale, senza produrre lesioni o fenomeni di rigetto.

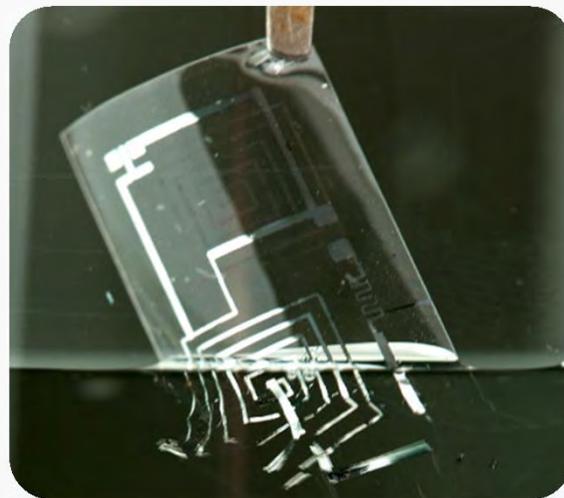


Gennaio 2015

In un test su ratti paralizzati, ha consentito di ripristinare le capacità motorie con effetti collaterali molto minori rispetto ai trattamenti tradizionali

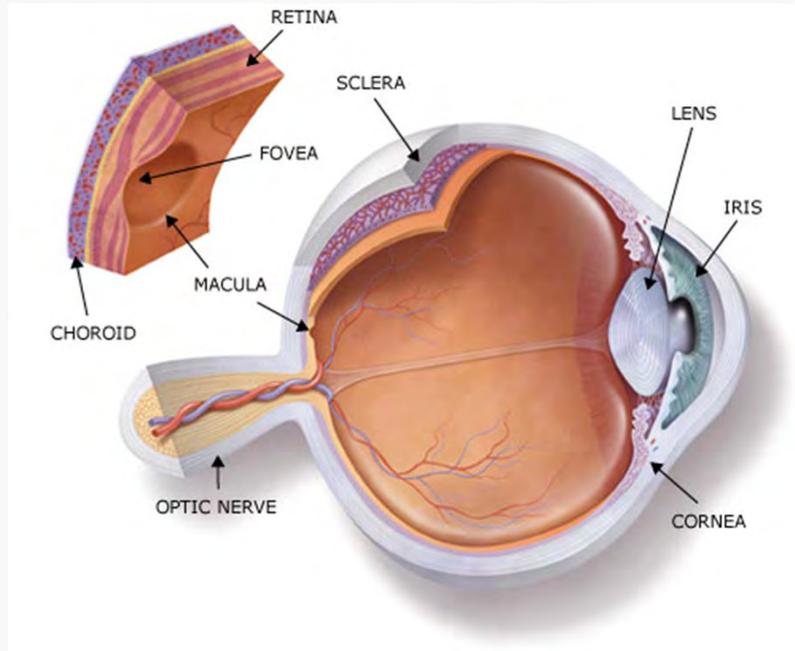
Chip terapeutici che si dissolvono a comando

Costruiti con componenti a base di magnesio, ossido di magnesio, seta e nanomembrane di silicio, sono biocompatibili e si dissolvono in acqua e liquidi organici in pochi giorni o settimane, a seconda dello spessore. Potranno essere impiantati nel corpo per monitorare l'attività di tessuti od organi, rilasciare farmaci o applicare una terapia termica mirata



Beckman Institute, University of
Illinois and Tufts University

Retina artificiale: presto, ma i progressi...

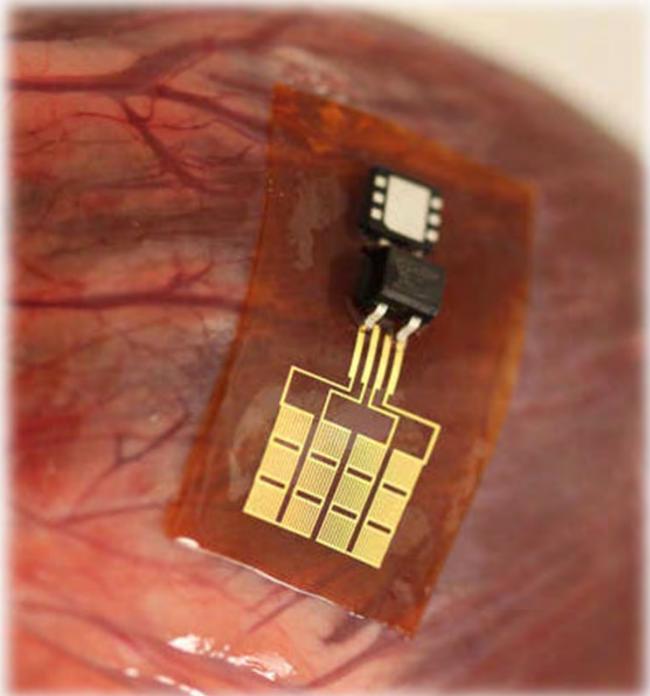


A **Dicembre 2014** un gruppo di ricercatori guidati da Yael Hanein della Scuola di Ingegneria Elettrica dell'Università di Tel Aviv (Israele) ha fatto, in questa direzione, un enorme passo in avanti.

Gli studiosi hanno infatti realizzato un ***nuovo nano-dispositivo senza fili*** in grado di ***attivare i neuroni in risposta alla luce***.

Rispetto alle tecnologie sperimentate in passato questo nuovo dispositivo è più efficiente e più flessibile ed è in grado di stimolare in modo più efficace i neuroni

Il battito del cuore diventa energia



È il risultato ottenuto (2014) grazie alle nanotecnologie, che promette di mandare in soffitta le batterie per i pacemaker e gli altri dispositivi impiantabili. Minuscoli nastri sono in grado di generare elettricità *convertendo in energia i movimenti di cuore, polmoni e diaframma.*

Gruppo di lavoro dell'Università dell'Illinois

Il sistema realizzato è *biocompatibile* ed è composto da nanonastri di titanato zirconato di piombo posti su una sottile pellicola di plastica. Nei test il dispositivo ha mostrato di riuscire a generare fino a 8 volt, sufficienti per far funzionare un pacemaker cardiaco

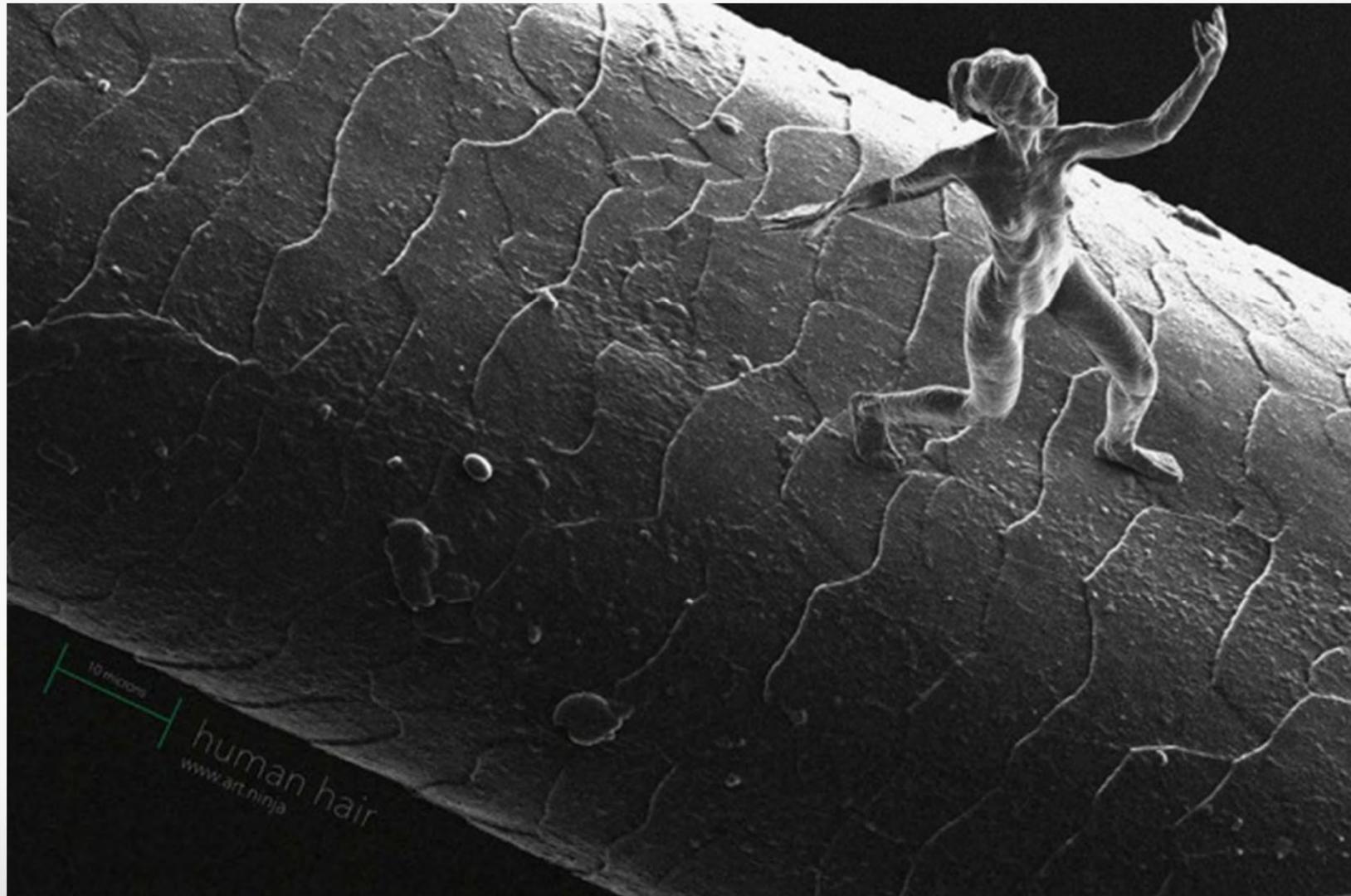
Ed anche Nanoelettronica

Computers contenenti microchip di dimensione nanometrica:

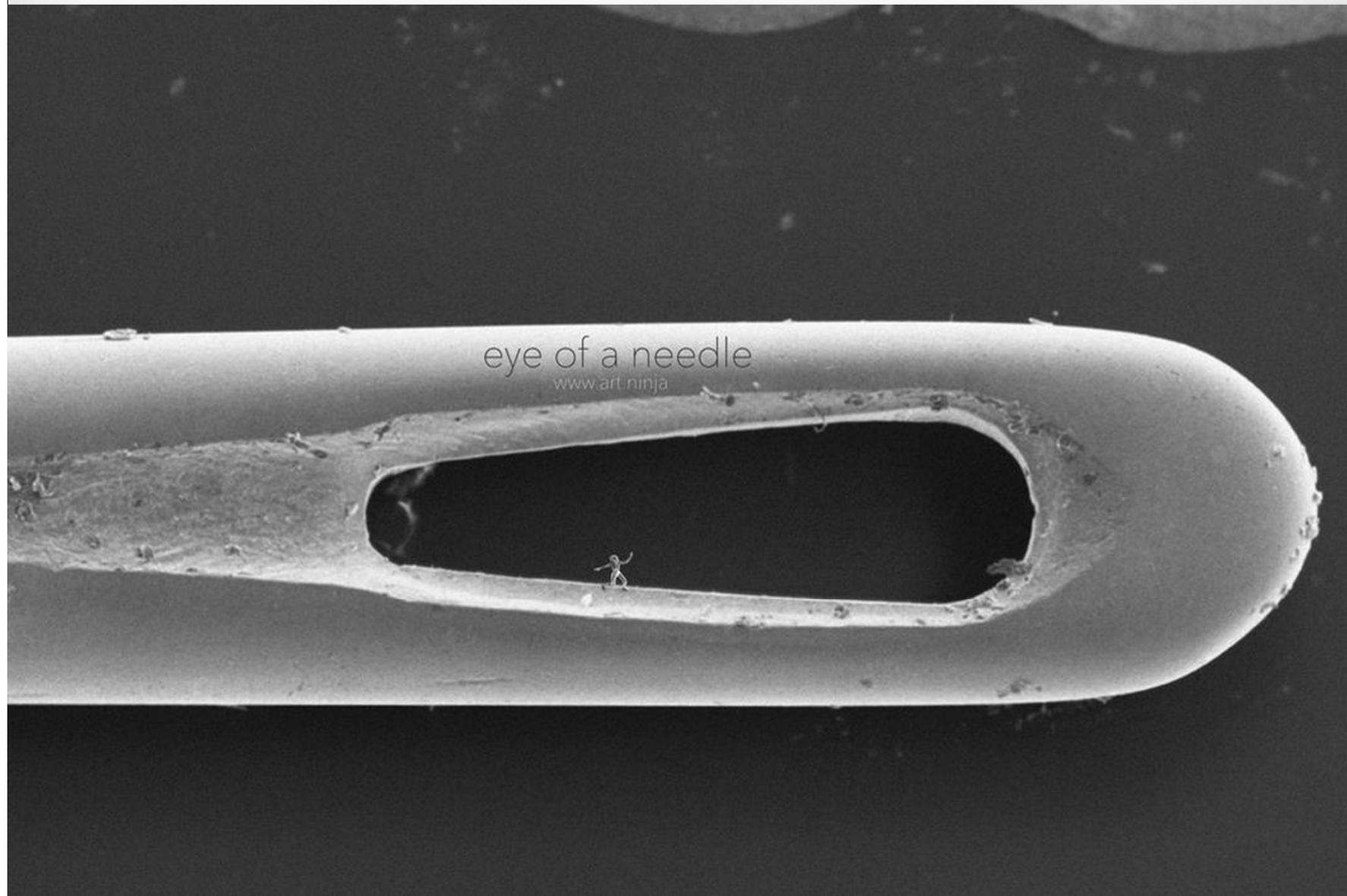
- **ottenuti con un approccio “bottom up” (computer molecolari)**
- **in grado di sfruttare i fenomeni quantistici (computer quantistici)**
- **di tipo ibrido, in grado di abbinare parti di natura inorganica (Si) con altre di origine organica (nanotubi di carbonio) o biologica (proteine o acidi nucleici)**

Nano-arte e...figure umane

Un artista-ingegnere sudafricano ha dato vita a sculture che per dimensioni sono paragonabili a capelli umani...



Nella cruna dell'ago...



Rivoluzione Nanotecnologica

...pregi...

Le nanotecnologie permettono di produrre materiali, dispositivi e sistemi con *proprietà e funzionalità molto migliorate o totalmente nuove*, rispetto a quelli attualmente in uso.

Inoltre consentono di miniaturizzare i dispositivi oltre i limiti attuali, a *costi più limitati rispetto alle tecnologie classicamente utilizzate*.

Rivoluzione Nanotecnologica

...difetti?...

Esiste da parte di molti il timore che le nanoparticelle possano avere anche effetti indesiderati sull'uomo e l'ambiente alla stregua di altre polveri ultrasottili, come le particelle presenti nei gas di scarico dei veicoli...

I rischi tuttavia sembrano controllabili in quanto le nanoparticelle individuate in natura sono estremamente «appiccicose»: si aggregano molto facilmente in grumi di maggiori dimensioni di cui il corpo si può liberare senza difficoltà.

Rivoluzione Nanotecnologica

Se non Oggi, quando?

Dal discorso di Feynman nel 1959 ad Oggi, sono stati fatti enormi progressi nello studio e nello sviluppo delle nanotecnologie.

Le potenzialità a riguardo sono infinite, ma occorre sensibilizzare la ricerca e la legislazione affinché un utile strumento tecnologico non si trasformi solo in una inutile minaccia per l'ambiente.

Il FUTURO è a portata...di Nano!!!

Bibliografia ed approfondimenti

- *ASSOBIOMEDICA, Produzione, ricerca e innovazione nel settore dei dispositivi medici in Italia- Rapporto 2013, 2013a.*
- *Tecnologie sanitarie emergenti nel settore dei dispositivi medici, Collana Osservatorio Tecnologie, n. 6, dicembre 2013b.*
- *www.nanotec.it*
- *www.azonano.com*
- *www.nanovic.com.au*
- *www.cordis.lu/nanotechnology*
- *www.sciencemuseum.org.uk/antenna/nano/index.asp*
- *Nanotecnologie e Biotech,*
- *www.molecularlab.it/dossier/nanotech*
- *www.ornl.gov/sci/biosensors*
- *http://www.soc.chim.it/sites/default/files/chimind/pdf/2014_2_3594_on.pdf*
- *Produzione, ricerca e innovazione nel settore dei dispositivi medici in Italia – Rapporto 2014, 2014.*
- *www.lescienze.it/news/2015/01/09/news/impianto_neurale_lungo_termine_e-dura-2439202/*
- *http://www.focus.it/scienza/scienze/arte-e-nanotecnologie-le-sculture-di-hurwitz*
- *www.etp-nanomedicine.eu/public/about/*
- *Poole CP (ed.) (2003) Introduction to Nanotechnology. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey.*
- *Surendiran A, Sandhiya S, Pradhan SC and Adithan C (2009) Novel applications of nanotechnology in medicine.*
- *Moghimi et al., 2005*
- *Surendiran et al., 2009*
- *Medina et al., 2007*
- *Diagnostica in Nanooncologia - Jain, 2011*