

*The mission and the organization of*

**CNR-SPIN**

*Giampiero Pepe*

*CNR SPIN Sede Secondaria di Napoli*

*Università di Napoli Federico II – Dipartimento di Fisica*

[giampiero.pepe@spin.cnr.it](mailto:giampiero.pepe@spin.cnr.it)



# Locations



Headquarter Genova, Villa Balbi-Brignole

SPIN belongs to the CNR Physical Sciences and Technologies of the Matter Department ([www.dsftm.cnr.it](http://www.dsftm.cnr.it)) directed by Dr Corrado Spinella, and includes the following locations:



**Genova (headquarter) - main focus: superconductivity, innovative materials**  
 Corso F.M. Perrone, 24  
 16152 Genova, Italy  
 University of Genova  
 Deputy Director: Daniele Marrè

**L'Aquila - main focus: ferroics and multiferroics**  
 University of L'Aquila  
 Physics Department  
 Deputy Director: Gianni Profeta

**Roma - main focus: oxide thin films/optical properties**  
 University of "Tor Vergata"  
 University of "La Sapienza"  
 Deputy Director: Carmela Aruta

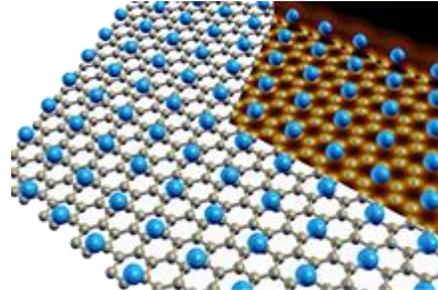
**Napoli - main focus: superconducting devices/oxide and organic electronics**  
 University of Napoli Federico II  
 Physical Science Department  
 CNR Area 3, Pozzuoli  
 Deputy Director: Giovanni Piero Pepe

**Salerno - main focus: superconductivity and magnetic hybrids**  
 University of Salerno  
 Physics Department  
 Deputy Director: Antonio Vecchione

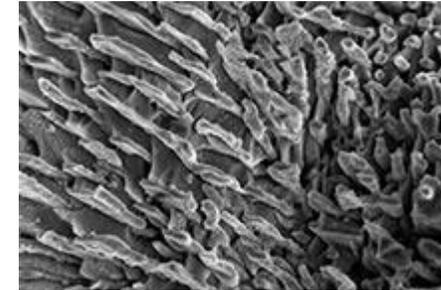
# SPIN Research Activities



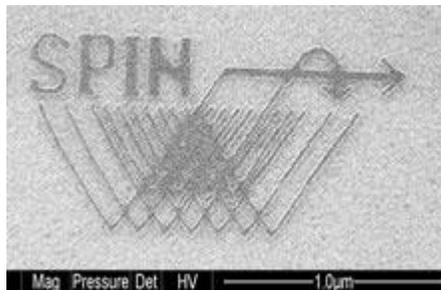
[A\) Novel superconducting and functional materials for energy and environment](#)



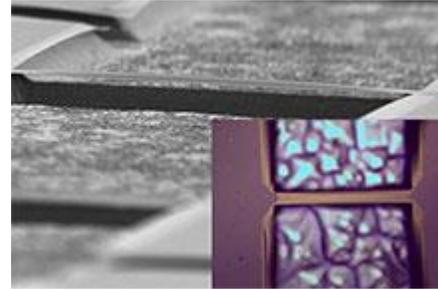
[B\) Superconducting and correlated low dimensional materials and devices for quantum electronics and spintronic](#)



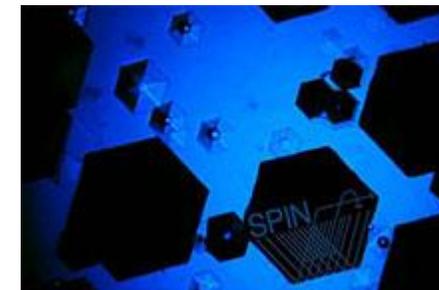
[C\) Innovative materials with strong interplay of spin orbital charge and topological degrees of freedom](#)



[D\) Light-matter interaction and non-equilibrium dynamics in advanced materials and devices](#)



[E\) Advanced materials and techniques for organic electronics, biomedical and sensing applications](#)



[F\) Electronic and thermal transport from the nanoscale to the macroscale](#)



# L'iniziativa: Alternanza Scuola Lavoro 2018



Per informazioni o chiarimenti inviare mail a:  
[aramo@na.infn.it](mailto:aramo@na.infn.it)



Bando di concorso – II Edizione

*“A scuola di Astroparticelle”*

*I mille volti della FISICA MODERNA*

*Con il patrocinio di USR - Campania*



# Alternanza Scuola Lavoro 2018

**Tema della proposta CNR SPIN:**

## Le Nanotecnologie e la Meccanica Quantistica

**Figura professionale:** Ricercatore in fisica

# Le Nanotecnologie e la Meccanica Quantistica

## Perchè 'Meccanica Quantistica' e 'Nanotecnologie'?

La **nano-materia** è costituita da pochi atomi e le proprietà sono determinate dagli atomi superficiali. la cui superficie è costituita dagli **elettroni esterni**. Il comportamento degli elettroni è descritto dalle leggi della **meccanica quantistica** che sono fondamentali per capire.

Le **leggi della Meccanica Quantistica** ci dicono che:

- gli elettroni si comportano come particelle o come onde (**dualismo**);
- le loro energie possono assumere solo valori discreti (**quantizzazione**);
- la loro posizione e momento non possono essere determinati simultaneamente;
- la probabilità di trovare un elettrone in un dato punto ed ad un dato istante è descritta da una **funzione d'onda**.

SPIN

# Alternanza Scuola Lavoro 2018

elettroni

Nanotecnologie

entanglement

livelli quantizzati

nanoparticelle

microscopia atomica

singoli fotoni

nanoelettronica

TELETRASPORTO

nanolitografia

funzione d'onda

MECCANICA QUANTISTICA

NANOMEDICINA



## A Brief History of Nanotechnology

- On December 29, 1959, physicist Richard Feynman gave a radical lecture at an American Physical Society meeting at Caltech titled "*There's Plenty of Room at the Bottom*".
- Feynman suggested that it should be possible to make machines at a nano-scale that "arrange the atoms the way we want", and do chemical synthesis by mechanical manipulation.
- This lecture was the birth of the idea and study of nanotechnology.

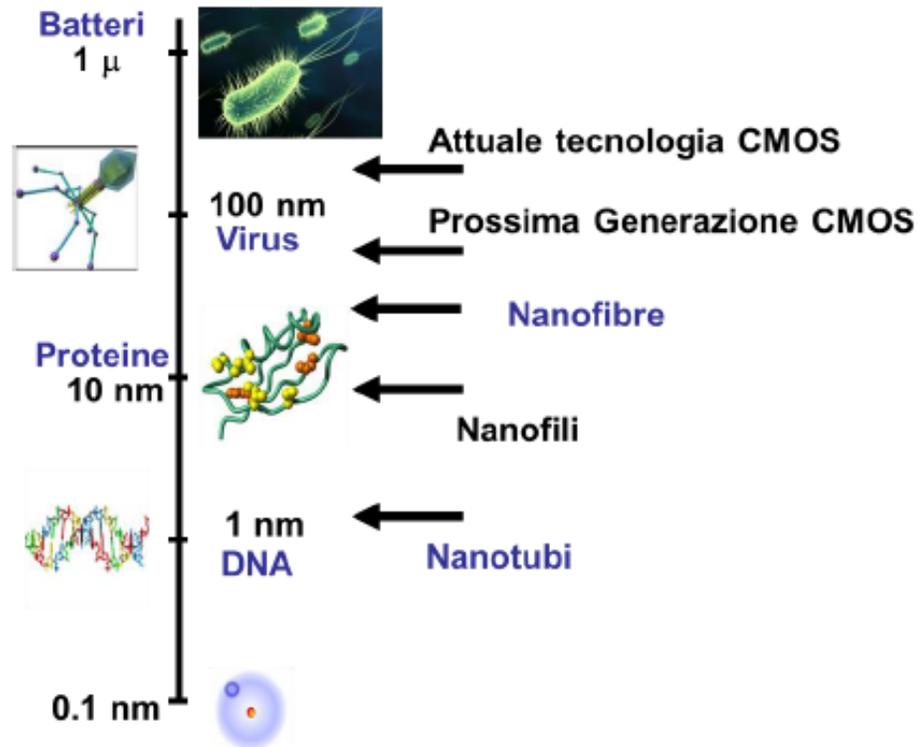


## Le Nanotecnologie

Tecnologie che permettono la realizzazione di **materiali funzionali**, **dispositivi** e **sistemi complessi** attraverso il controllo della materia su scala atomica o molecolare, cioè nanometrica.

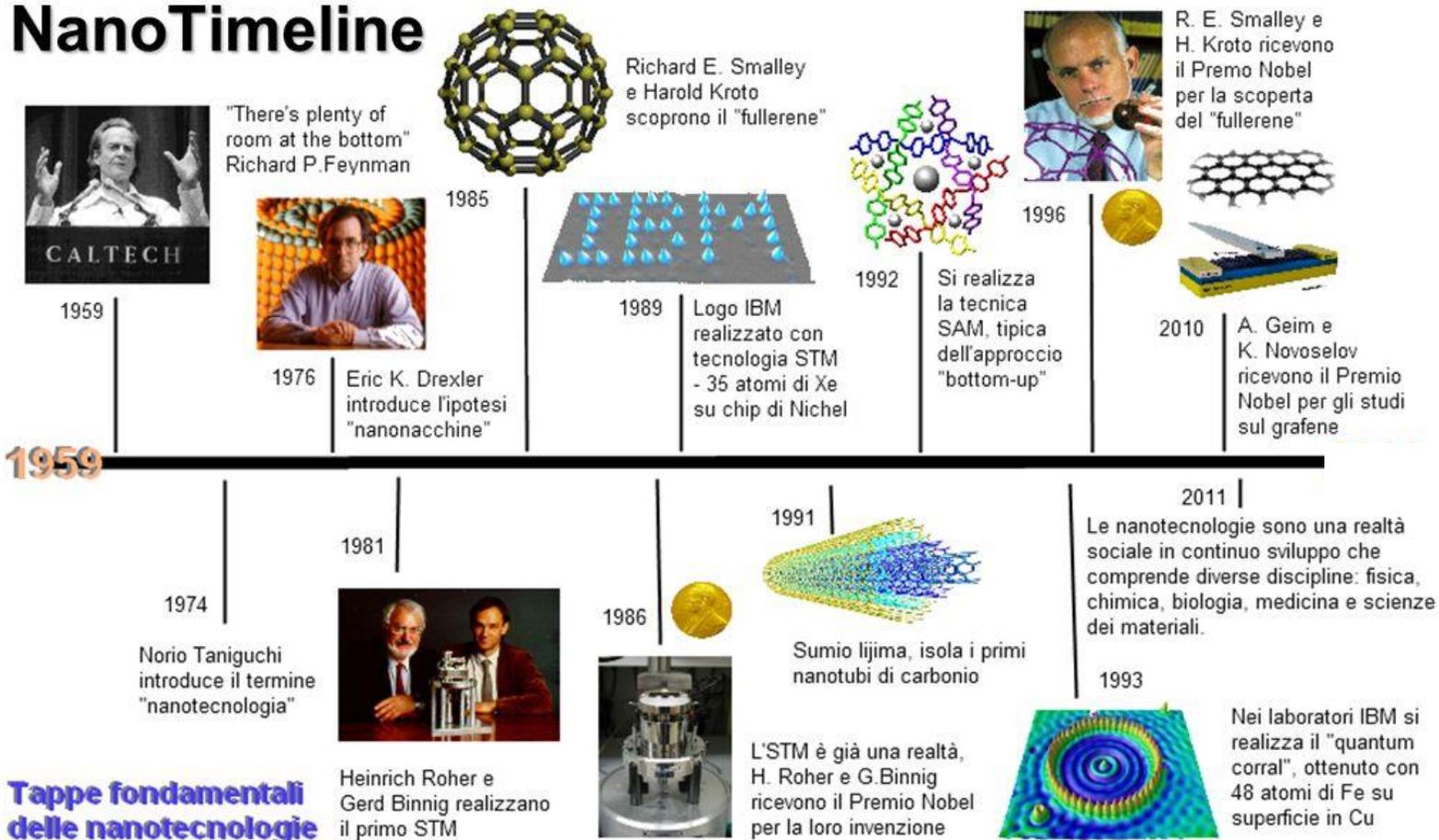
Nanometro =  $10^{-9}$  metro

- Idrogeno - atomo 0.05 nm
- Proteine ~ 1-20 nm
- Transistor in un chip per computer ~ 180 nm
- Capello umano ~ 10  $\mu$ m



*“C’è un solo modo di dimenticare il tempo: impiegarlo”  
Charles Baudelaire – Poeta francese*

## NanoTimeline



**Tappe fondamentali delle nanotecnologie**

# Pensare la nano-dimensione.....

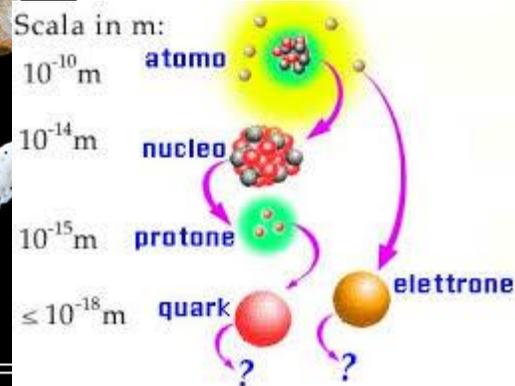
Casa : altezza 12m

Terra: Diametro 12000Km ca

Rapporto:  $10^6$



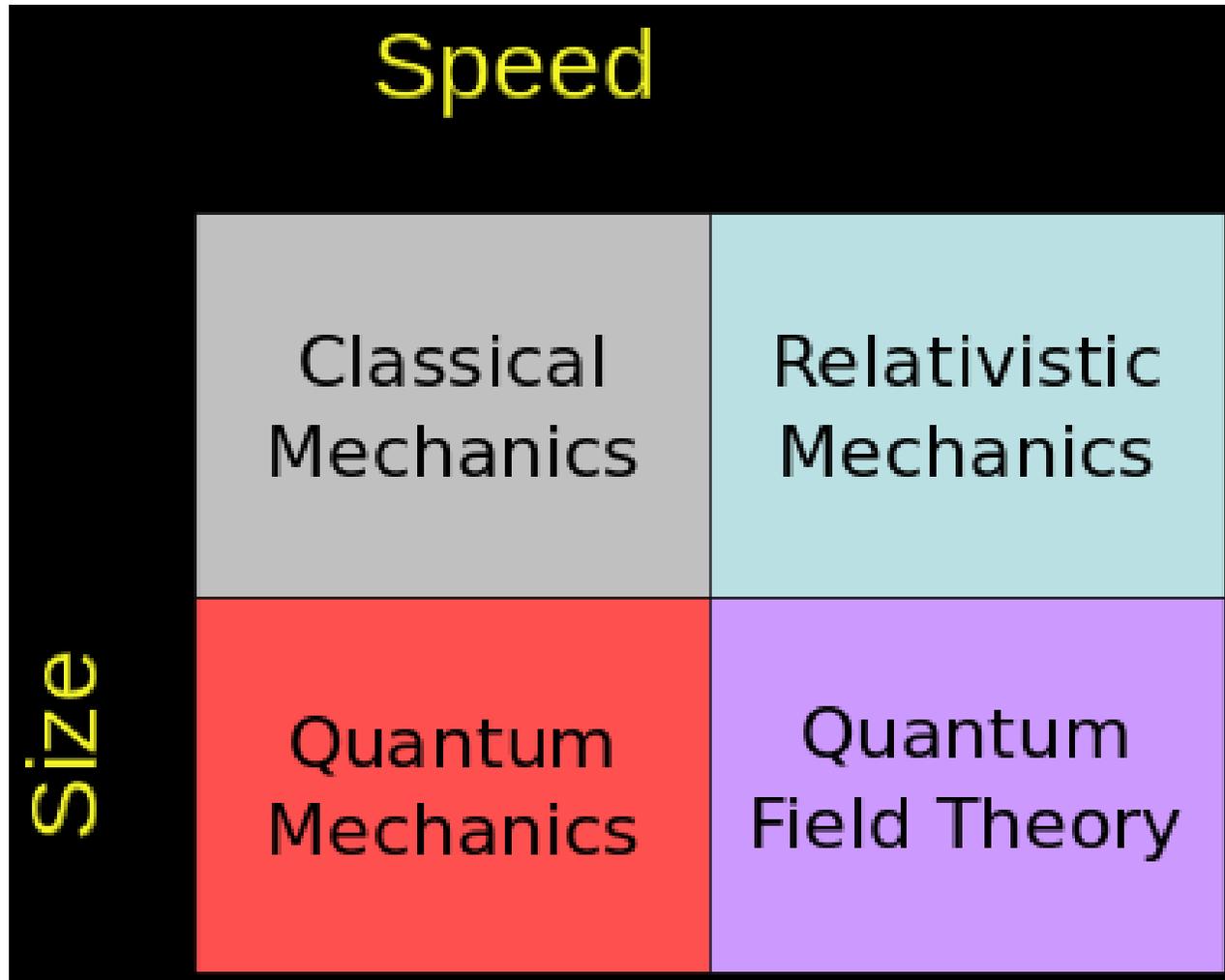
:



Atomo :  $10^{-10}$  m

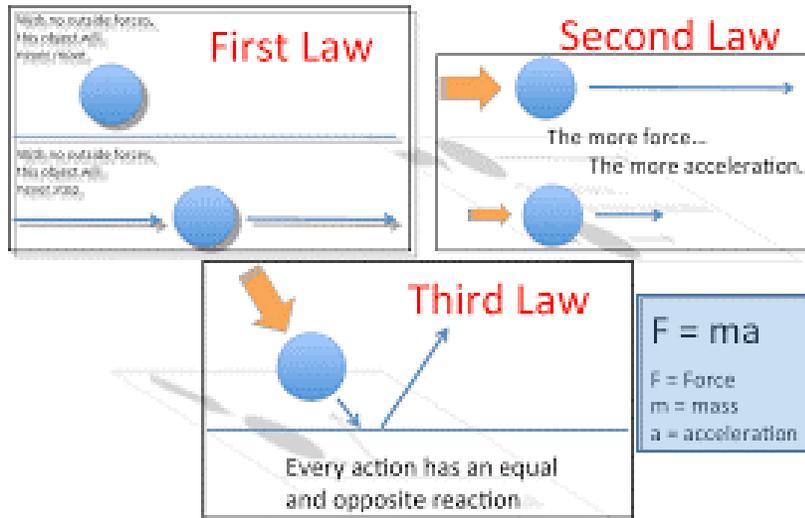
Polvere:  $10^{-4}$  m

Rapporto:  $10^6$



...la roadmap





dalla meccanica classica....

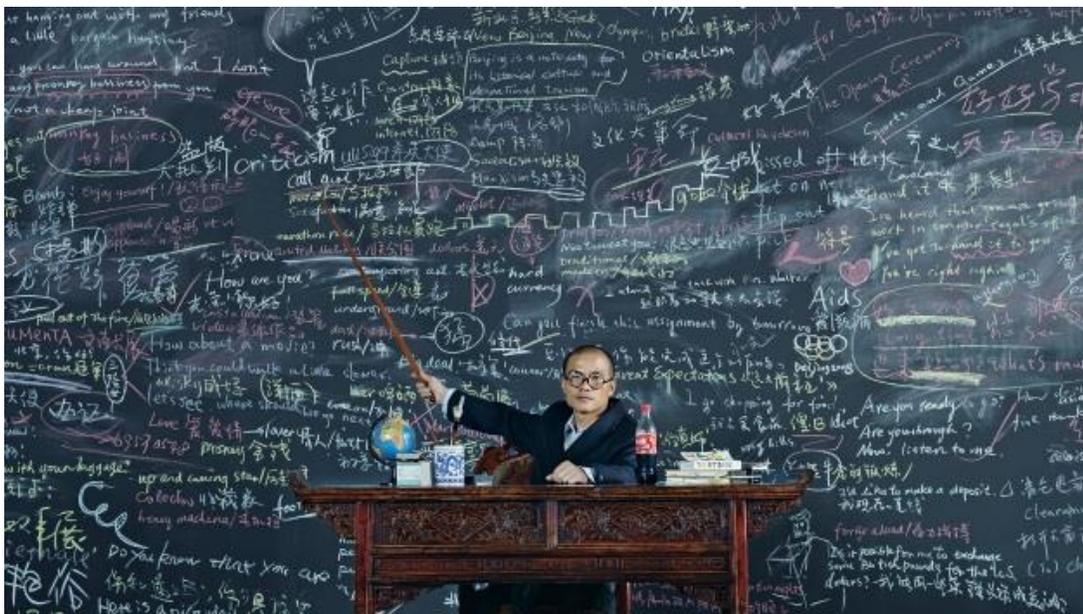
...alla meccanica quantistica

$$\frac{-\hbar^2}{2m} \nabla^2 \Psi(r) + V(r)\Psi(r) = E\Psi(r)$$

$$\text{Kinetic Energy} + \text{Potential Energy} = \text{Total Energy}$$

# Le Nanotecnologie e la Meccanica Quantistica

## *Che cos'è la Meccanica Quantistica?*



Una lavagna zeppa di simboli può sembrare indecifrabile anche se espone concetti semplici.....

*Nella meccanica quantistica, però, anche il concetto più semplice appare assurdo.*

# Le Nanotecnologie e la Meccanica Quantistica

## *Che cos'è la Meccanica Quantistica?*

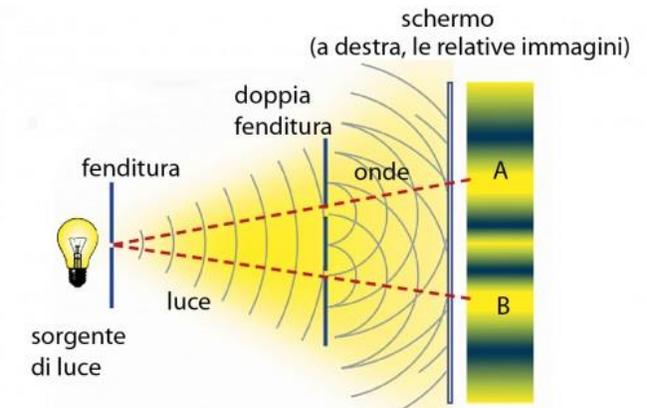
### **PARTICELLE MIRACOLO**

Nel mondo microscopico le quantità fisiche come l'energia non possono essere scambiate in modo "continuo", come un flusso d'acqua del rubinetto, ma attraverso pacchetti detti "**quanti**"... come acqua contenuta in bicchieri dal volume prefissato.

In virtù di questa proprietà, la luce è composta da corpuscoli di energia detti "**fotoni**"

### **ONDA O PARTICELLA**

Come Giano Bifronte tutte le particelle hanno una doppia natura: In alcuni esperimenti si comportano come corpuscoli, in altri come onde. Un esperimento che mostra la natura ondulatoria degli elettroni è quello della doppia fenditura....



# Le Nanotecnologie e la Meccanica Quantistica

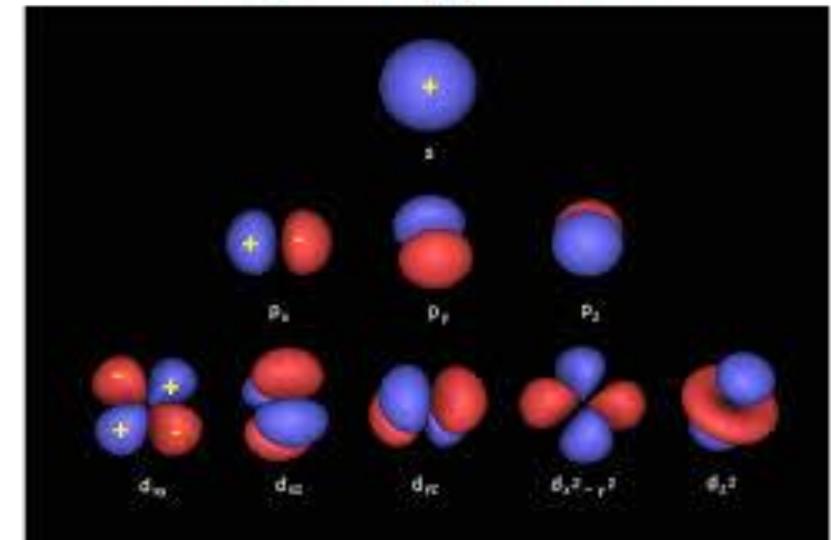
## Che cos'è la Meccanica Quantistica?

### IMPREVEDIBILE

La fisica classica è **prevedibile**: si può calcolare con precisione la traiettoria di un proiettile o di un pianeta. Nella meccanica quantistica, invece, quanto più precisamente si conosce la posizione di una particella, tanto più incerta diventa la sua velocità (e viceversa).

E' il [principio di indeterminazione](#), (1927, [Heisenberg](#)). Nel momento della **misura**, l'elettrone "collassa" in un singolo stato tra quelli che inizialmente erano possibili. In un certo senso, **con i loro strumenti di misura, gli scienziati intervengono nella creazione della realtà che stanno studiando.**

### Il segno degli orbitali

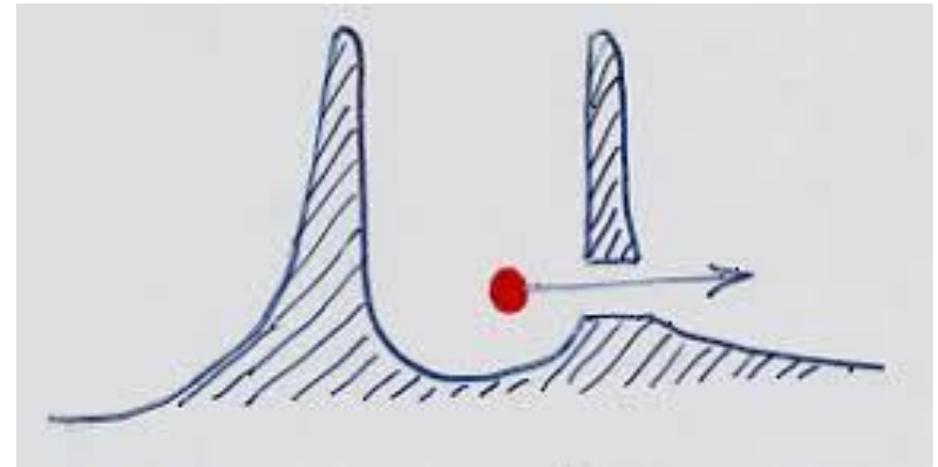


# Le Nanotecnologie e la Meccanica Quantistica

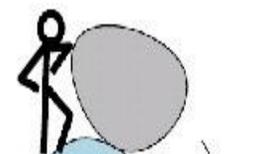
## *Che cos'è la Meccanica Quantistica?*

### COME FANTASMI

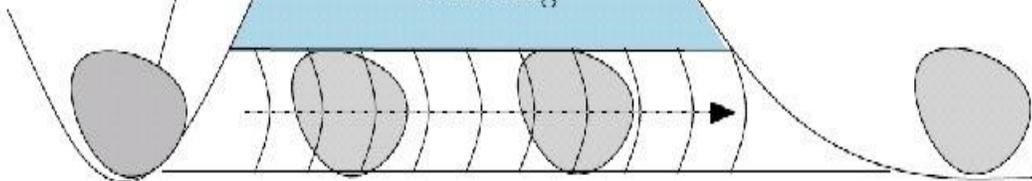
Un altro fenomeno quantistico bizzarro è l'**effetto tunnel**, cioè il fatto che le particelle possano superare una barriera come un fantasma passa attraverso un muro. È così che si spiega il decadimento delle sostanze radioattive: la radiazione emessa da questi materiali, infatti, è costituita da particelle che superano una barriera energetica all'interno dei nuclei.



Classical physics  
Climbing the hill



Quantum physics  
Tunneling



Classical Picture

electron particle



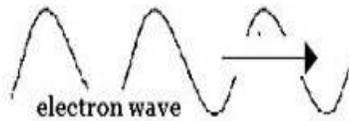
electric field  
(potential barrier)

$$V > \frac{mv^2}{2}$$



Classically a particle cannot travel in a region where it has negative kinetic energy, so it is totally reflected.

Quantum Picture



The e- wave function impinges on same potential

$$V > \frac{(\hbar k)^2}{2m}$$

The wave nature of quantum mechanics allows the electron to have a finite probability of having "tunneled" through the potential.



Utopia o distopia?



SPIN

# Un'onda può attraversare un ostacolo...

*Q T*  
*u u*  
*a n*  
*n n*  
*t e*  
*u l*  
*m i*  
*n*  
*g*

Video onda



*T M  
u i  
n c  
n r  
e o  
l s  
i c  
n o  
g p  
y*

### TUNNEL EFFECT

All the animations and explanations on [www.toutestquantique.fr](http://www.toutestquantique.fr)

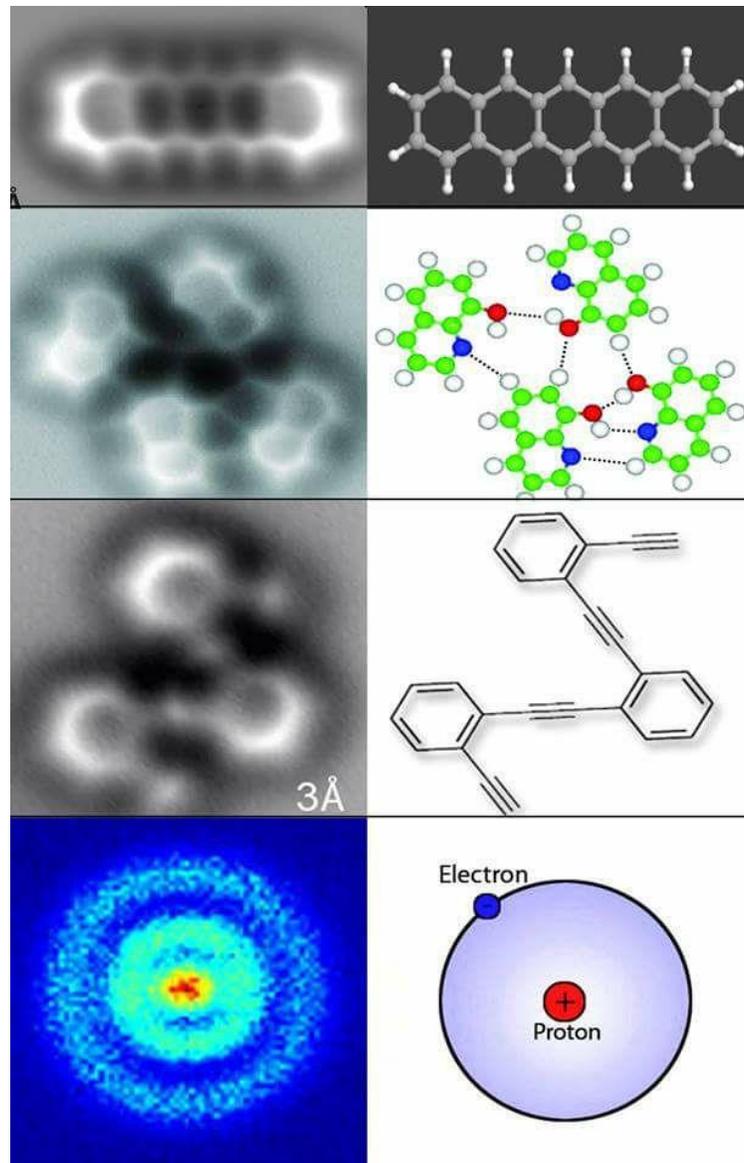




MECCANICA QUANTISTICA:  
gruppo serio

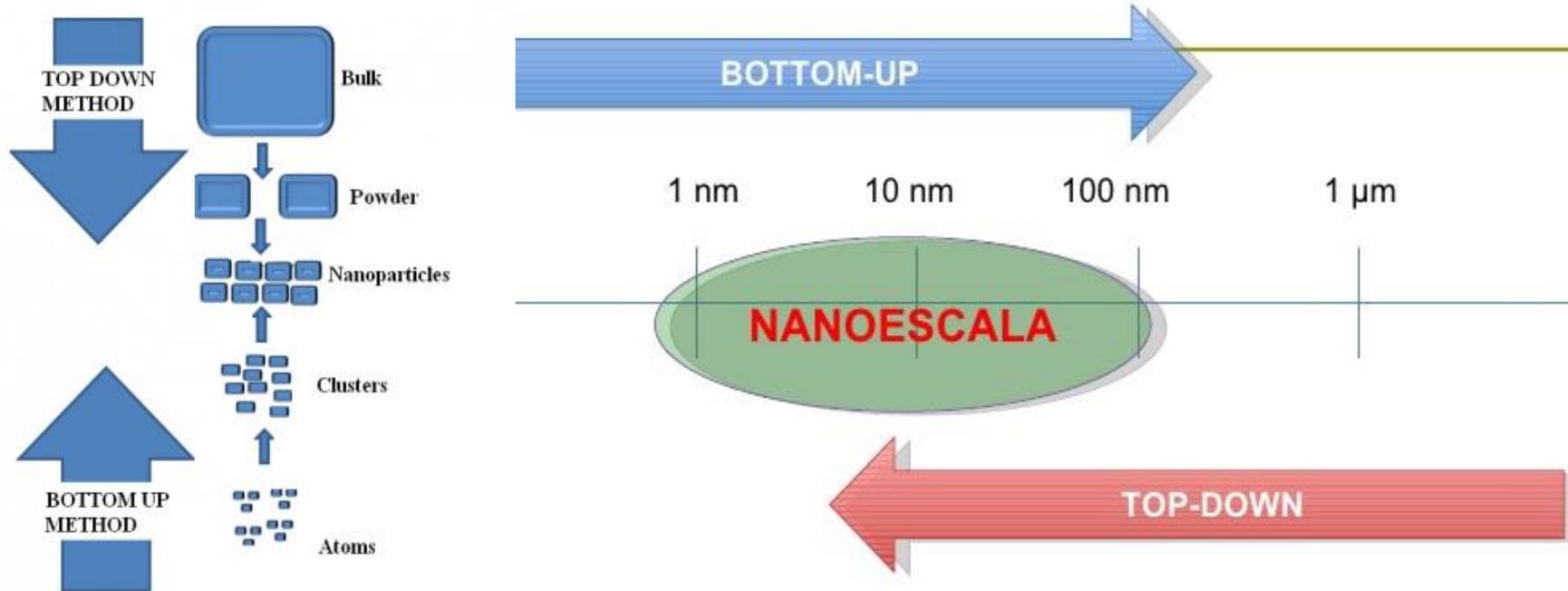
Le incredibili immagini reali di molecole,  
grazie al microscopio a forza atomica.  
Con questo strumento si riescono a  
distinguere persino singoli atomi....

SIZE



...Costruire il nano-mondo

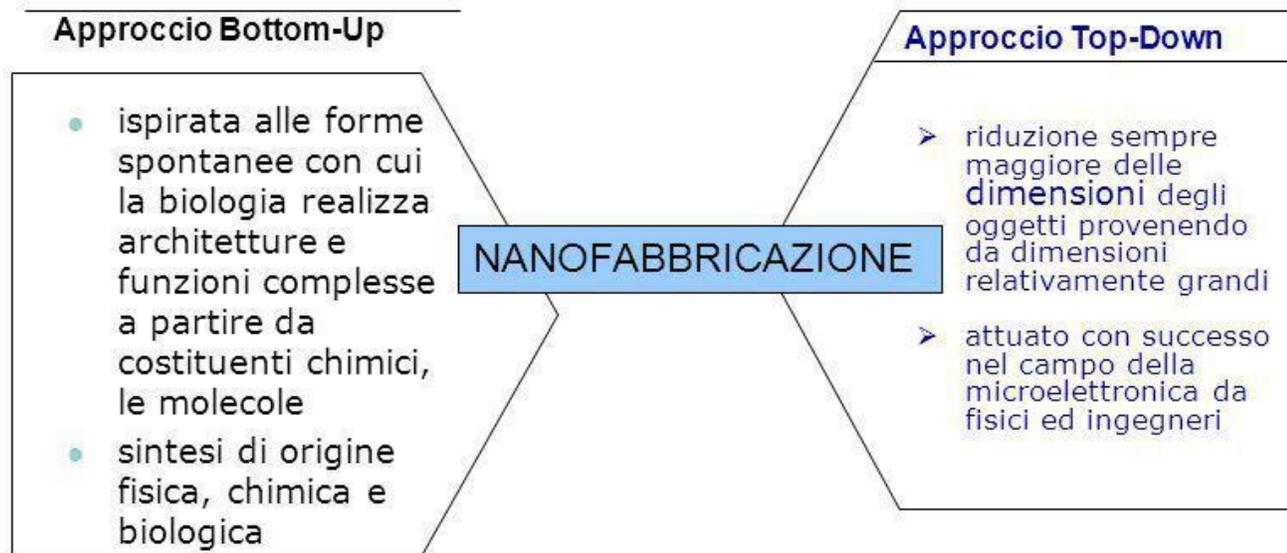
### Nanotecnología



SPIN



## SCENARIO DI RIFERIMENTO - nanofabbricazione



La nanofabbricazione è destinata a diventare un elemento costitutivo nella sequenza di sviluppo definita da ricerca, trasferimento tecnologico, industrializzazione e commercio



Fabbricazione film sottili

...Costruire il nano-mondo



definizione delle geometrie

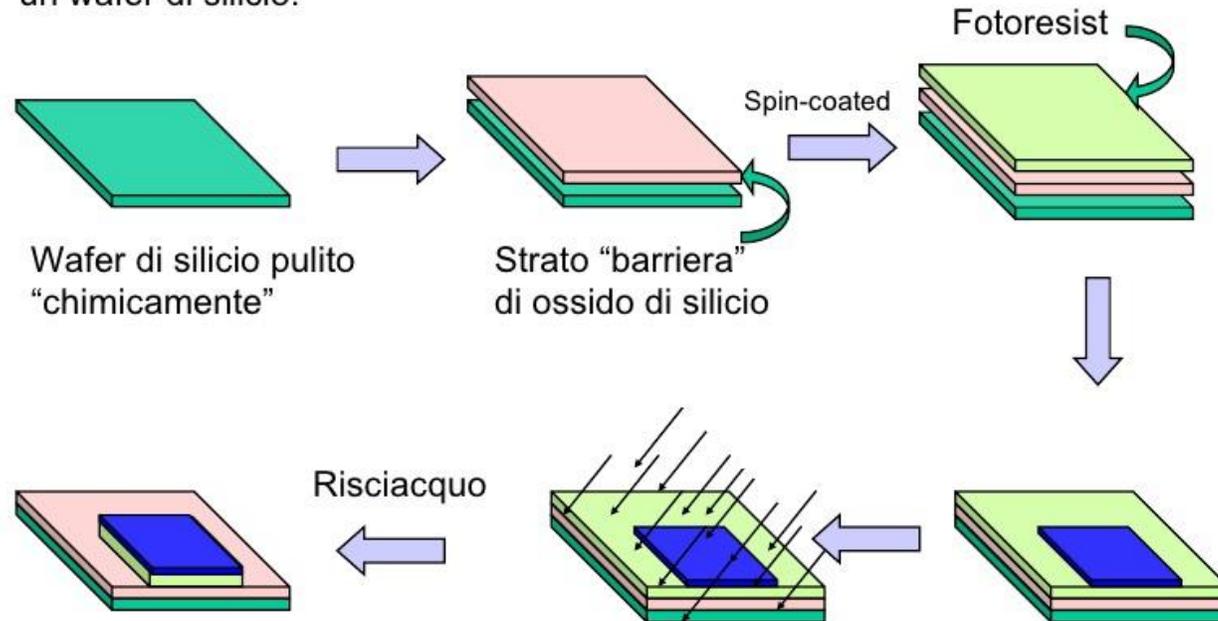


Realizzazione delle nano-strutture



## Molecular Printing/Patterning - Litografia

Trasferimento di forme geometriche e pattern da una maschera alla superficie di un wafer di silicio.

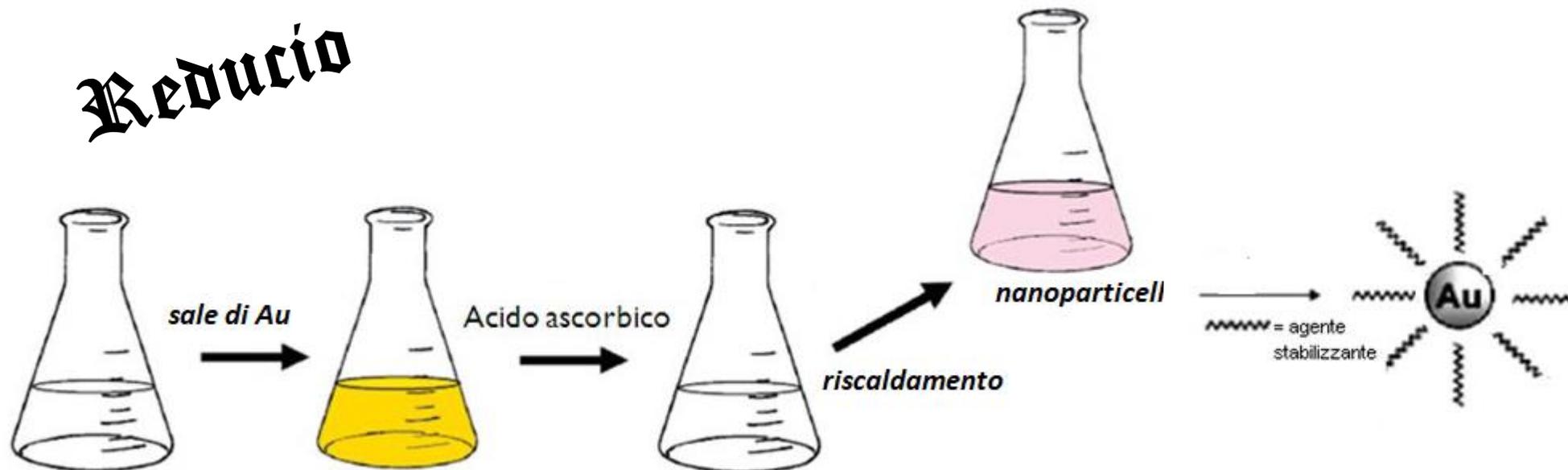


Processing di un circuito integrato

....Costruire il nano-mondo

## *SINTESI CHIMICA DI NANOPARTICELLE*

# Reducio

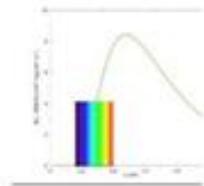
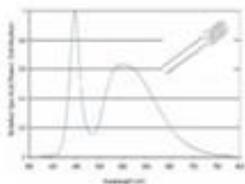
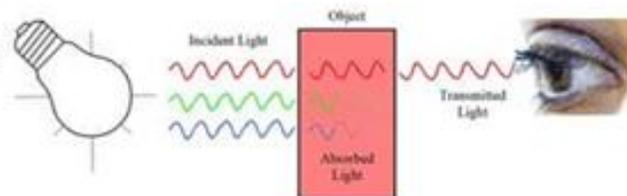


*Approccio bottom-up*

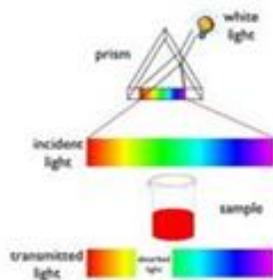


## Il colore alla macroscala

Spesso pensiamo al colore come ad una proprietà intrinseca degli oggetti. In realtà noi vediamo la luce che non è **assorbita**, cioè la luce che è trasmessa o diffusa dagli oggetti che guardiamo.



Spettri di emissione di un led a luce bianca e di una lampadina ad incandescenza

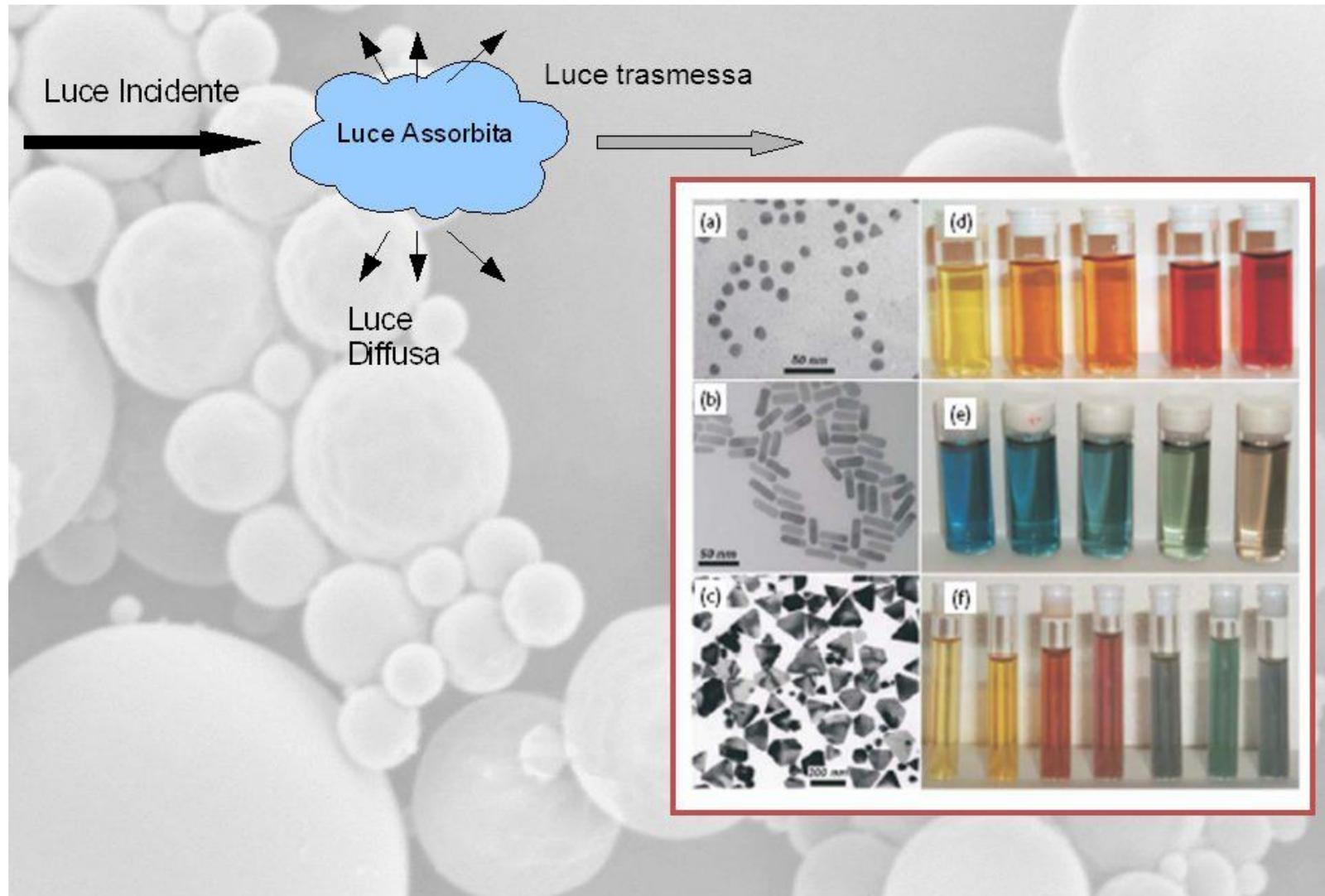


Il colore percepito dipende

- dalla **sorgente** luminosa (spettro di emissione);
- dalla **sostanza**: la luce della sorgente è assorbita o diffusa in modo diverso dagli oggetti che osserviamo (o meglio dagli atomi e dalle molecole che lo compongono (interazione radiazione luce materia)).

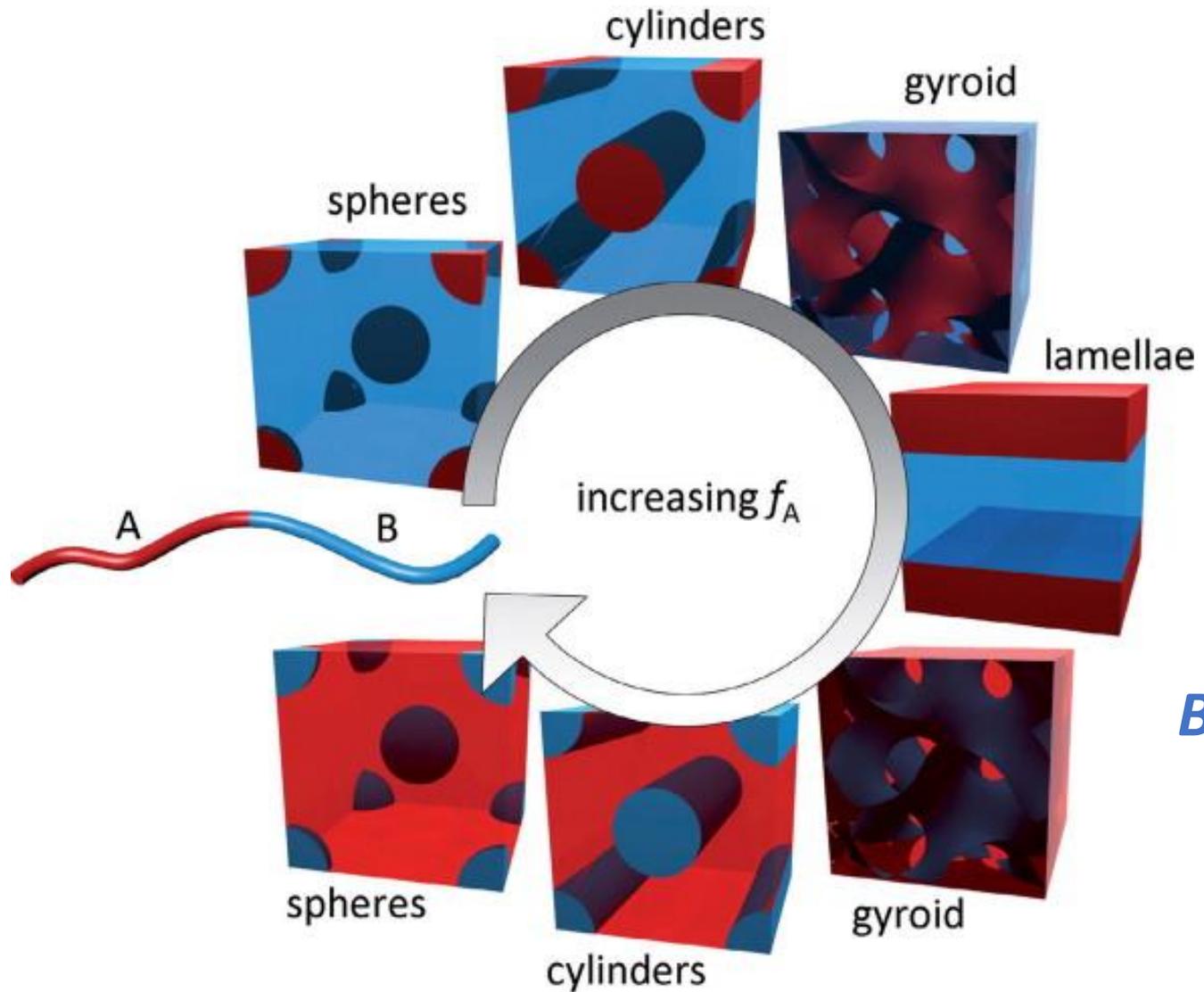
Colori complementari : se viene assorbito il rosso amico l'oggetto apparirà blu

# ...Costruire il nano-mondo



SPIN

...Costruire il nano-mondo

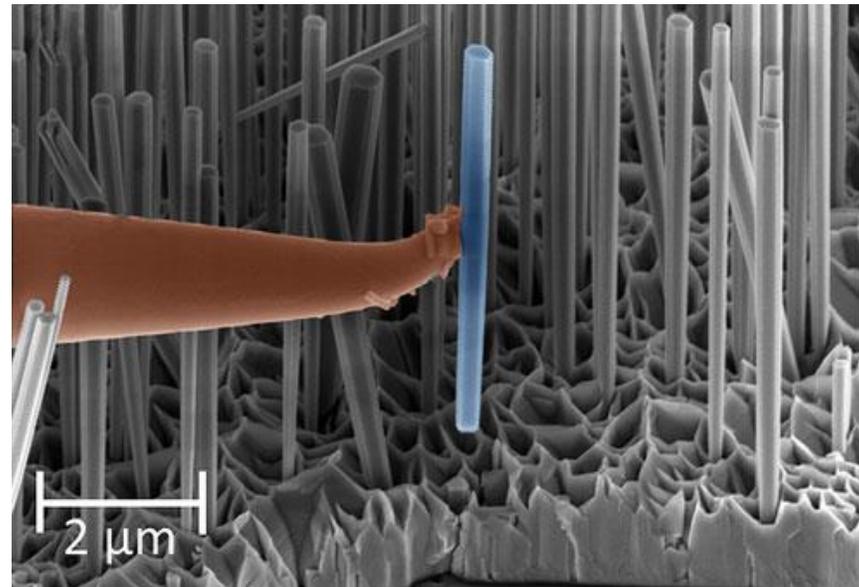
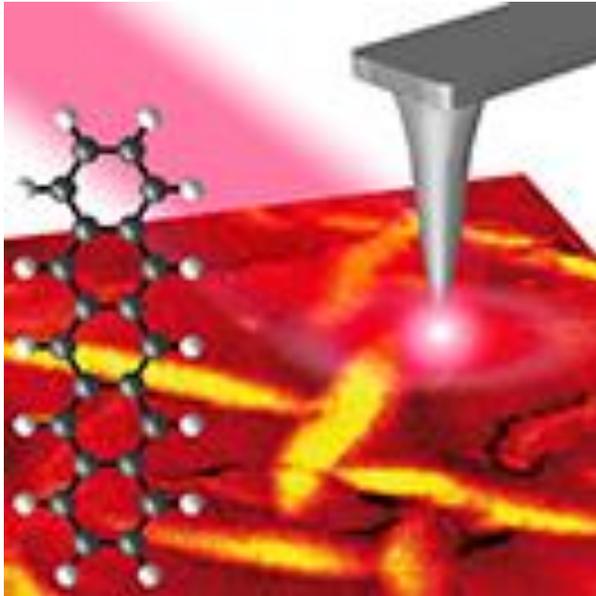


*Block-Copolymers*



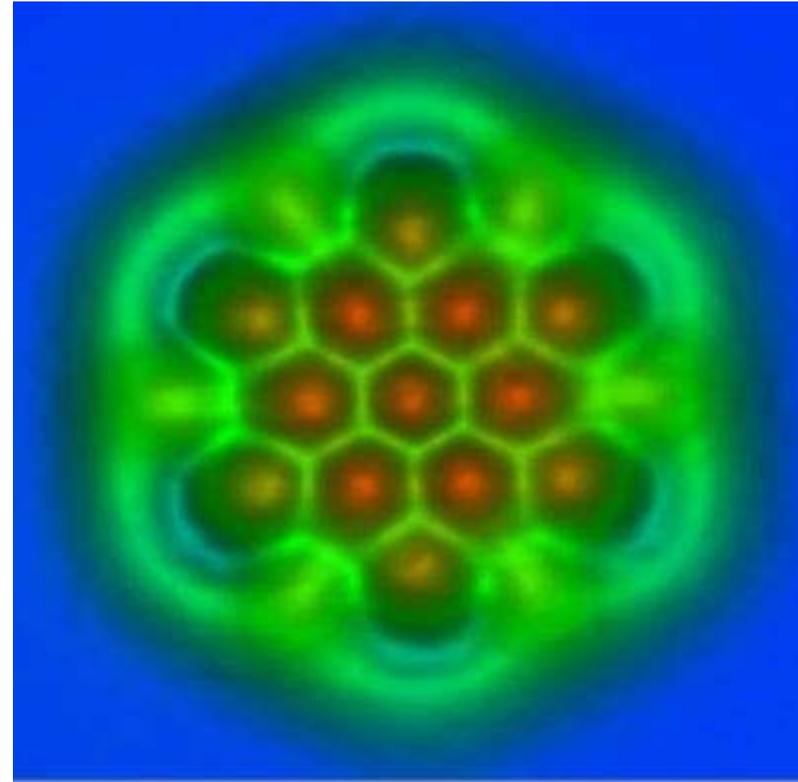
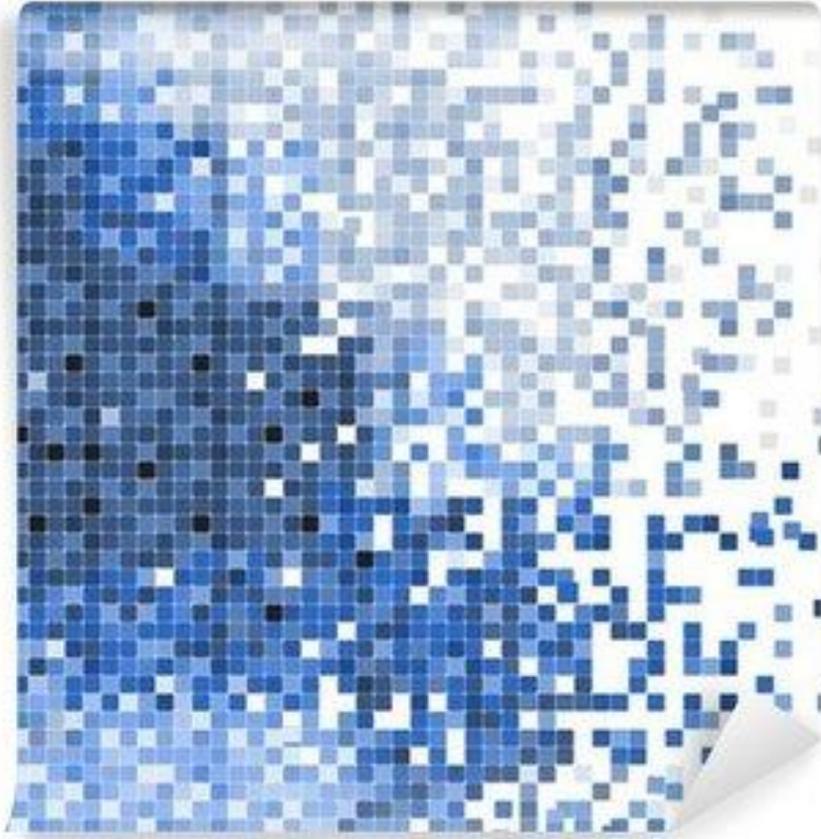
...Vedere il nano-mondo

Microscopia atomica.....



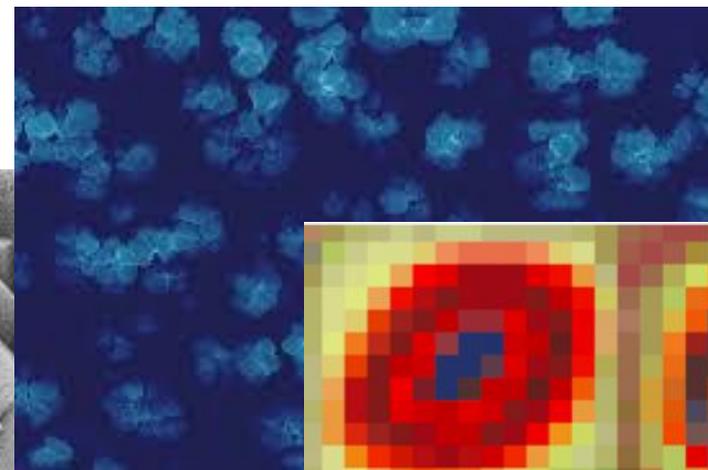
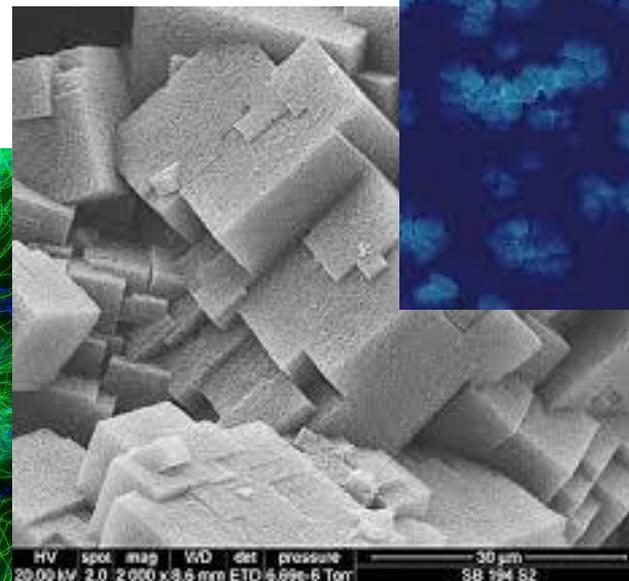
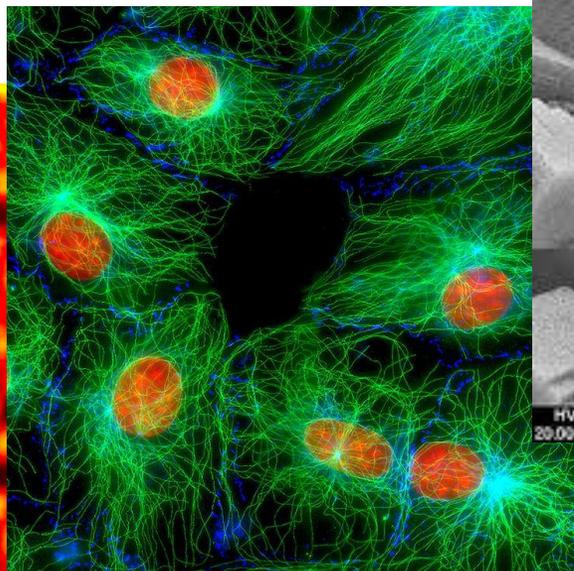
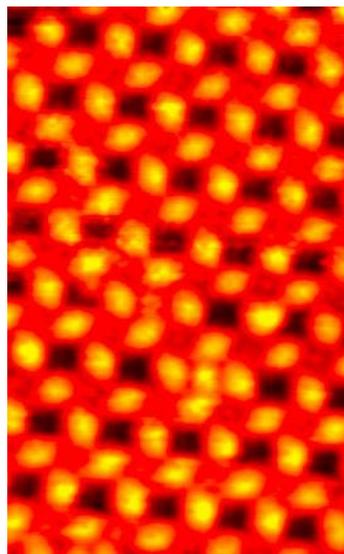
Nano-manipolazione..

...vedere il nano-mondo

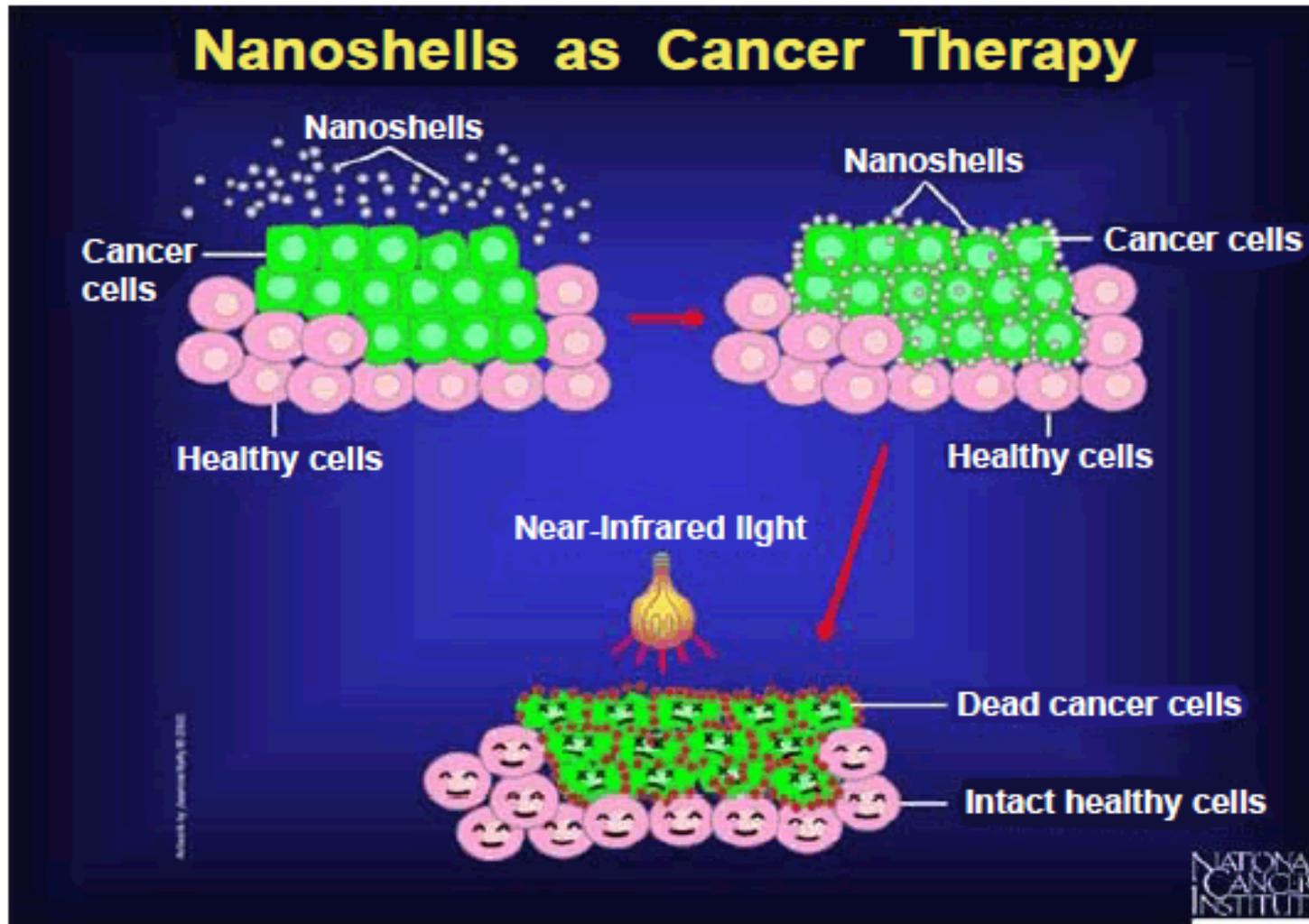


Ai limiti di una risoluzione atomica...

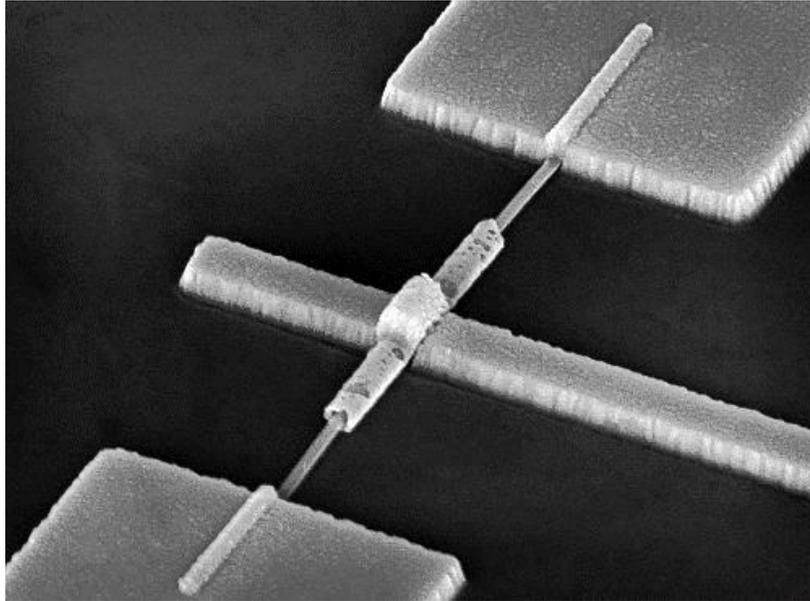
...vedere il nano-mondo



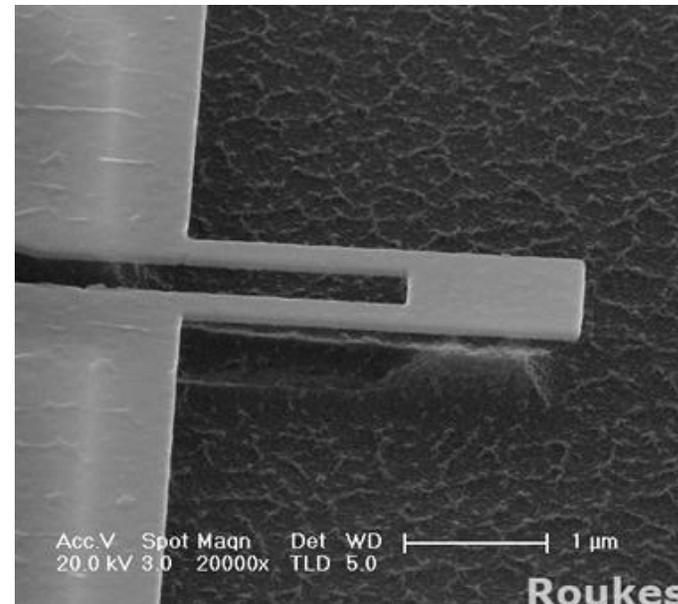
# Le possibilità del nano-mondo



# Le possibilità del nano-mondo

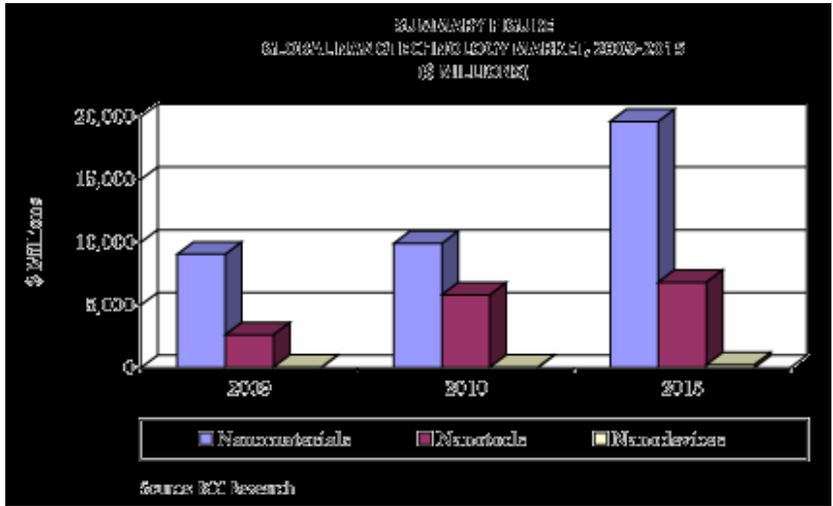
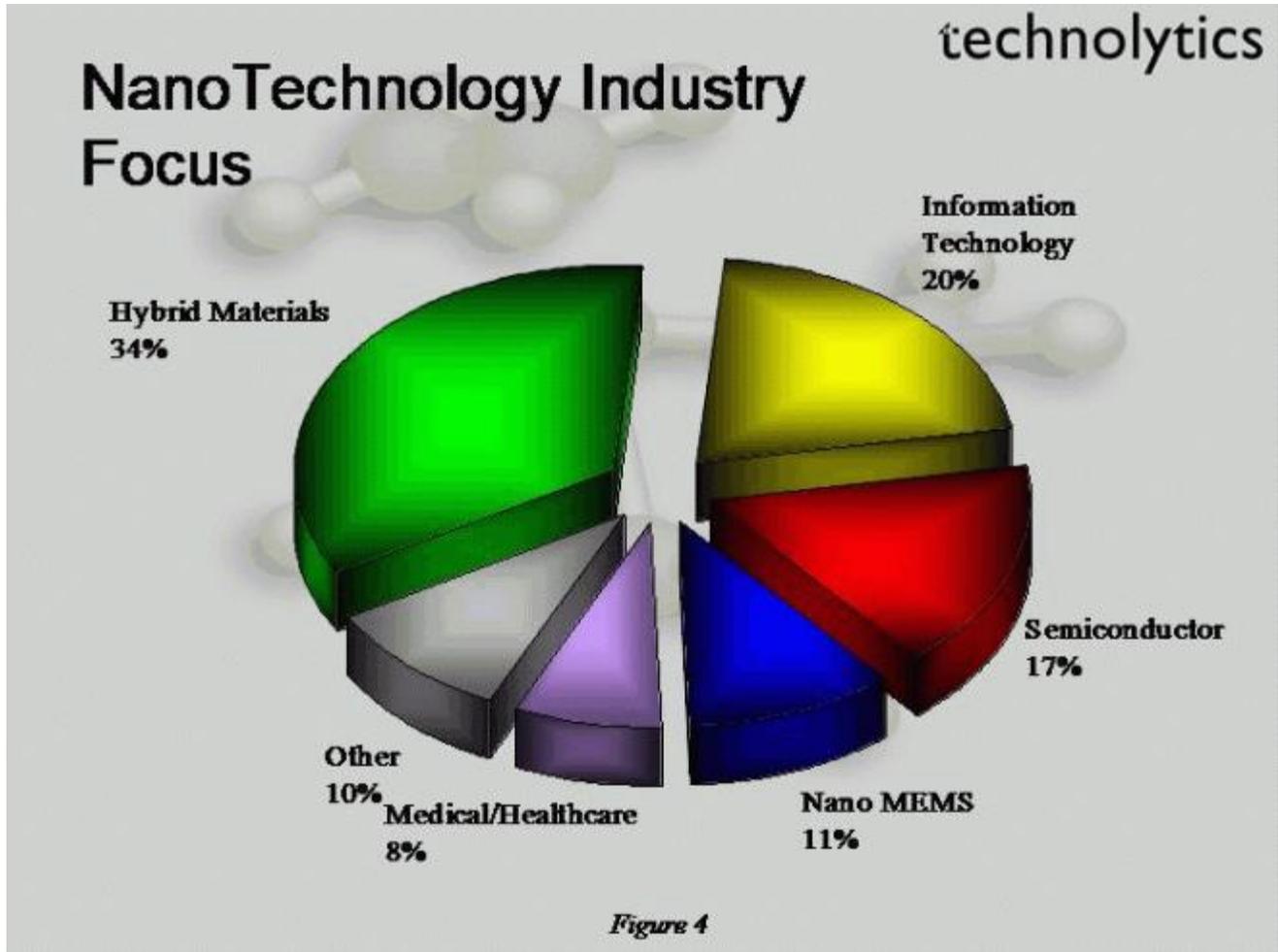


Nanoelettronica

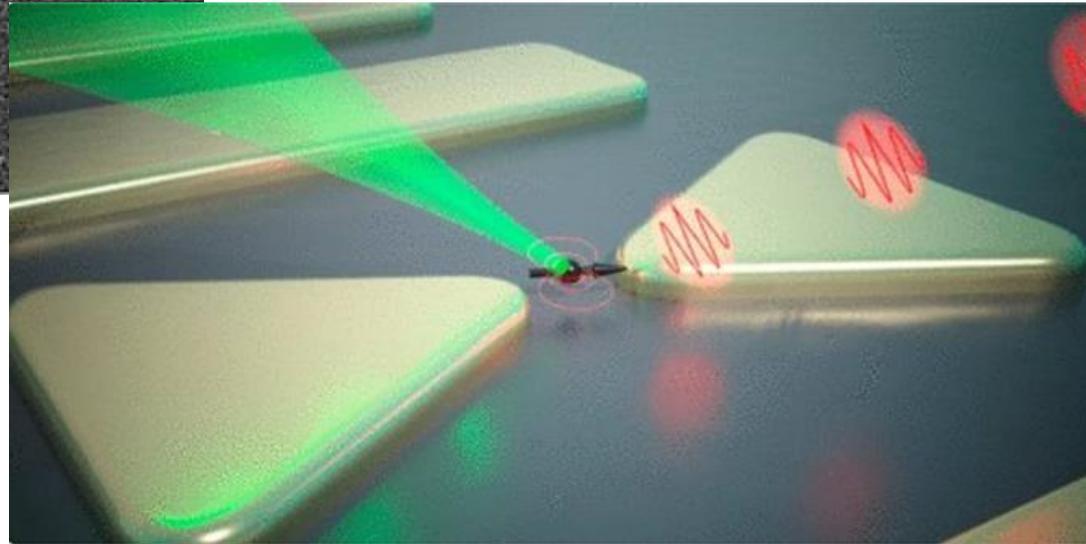
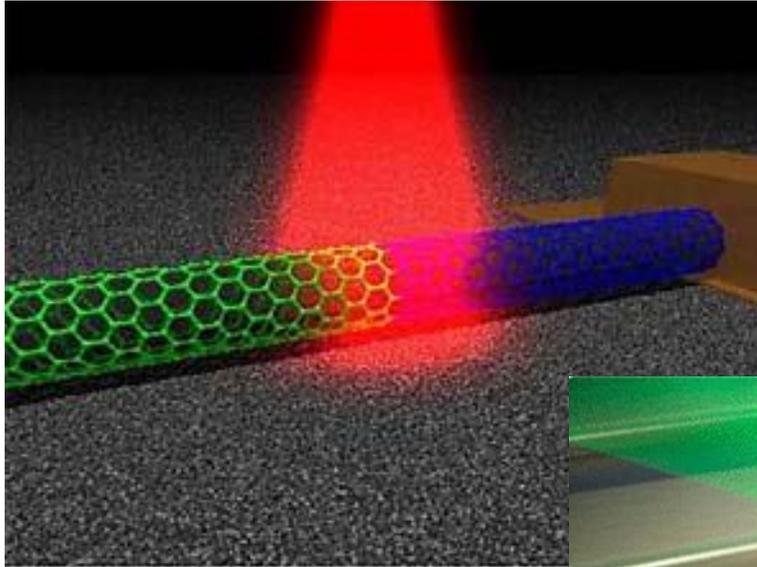


Nanomeccanica

# Mercato vs Nanotecnologia...

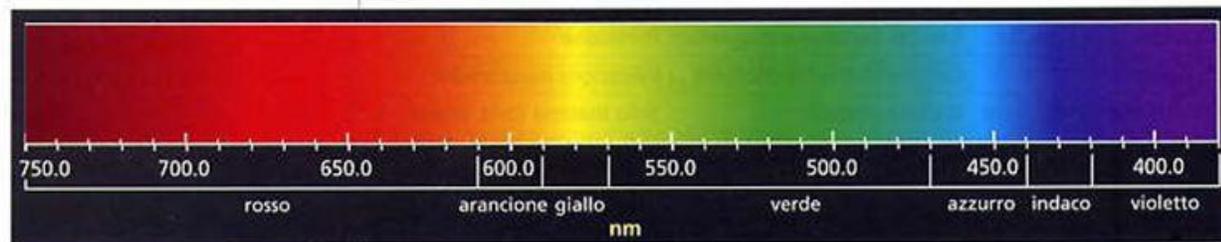
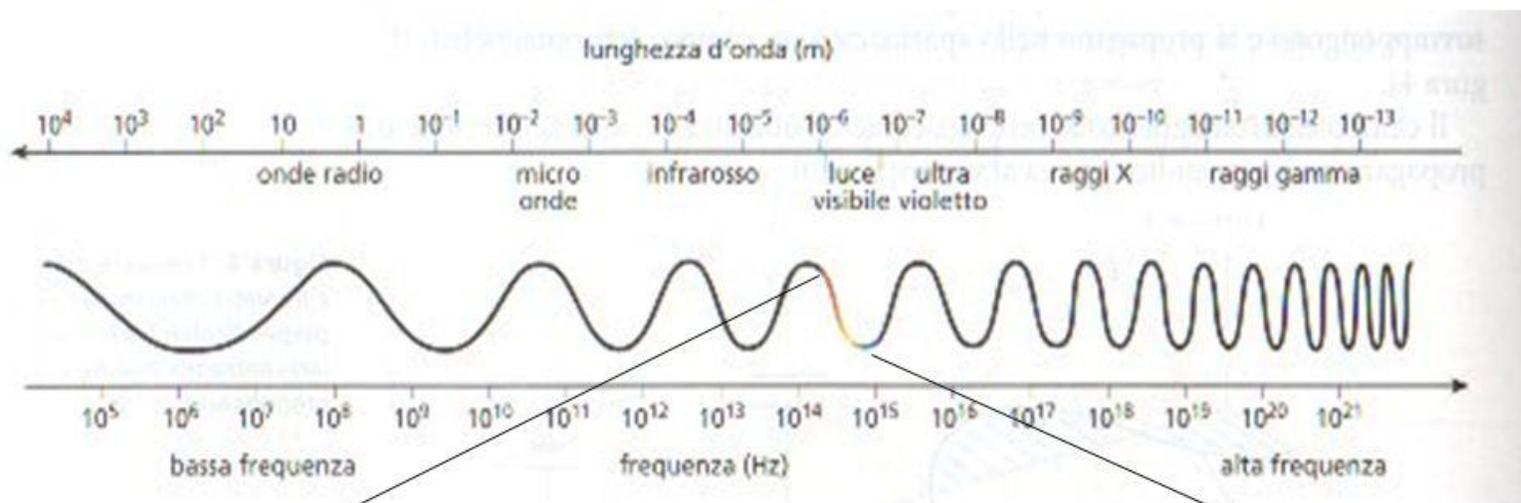


E poi la luce.....



# Le onde luminose

onde elettromagnetiche con frequenza compresa tra  $4 \cdot 10^{14}$  e  $8 \cdot 10^{14}$  Hz  
la lunghezza d'onda e' compresa fra 400nm e 750nm



Planck (1900) ed Einstein (1905) ipotizzarono che l'energia di un'onda elettromagnetica è trasportata in "pacchetti" detti "quanti di luce" o **FOTONI**.

## I FOTONI:

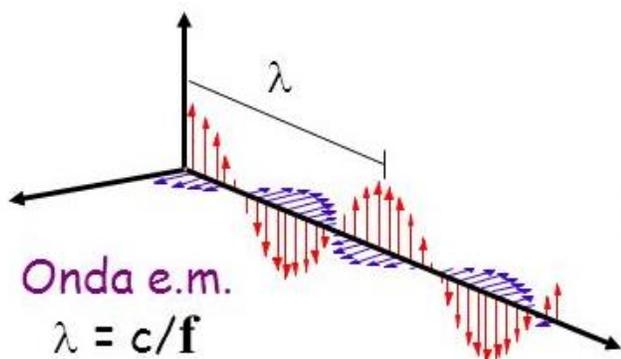
- sono particelle prive di massa ( $m=0$ );
- si propagano con velocità della luce  $c=3\cdot 10^8$  m/s
- hanno ciascuno energia **E** proporzionale alla frequenza  $f$  dell'onda elettromagnetica:

$$E=h\cdot f$$

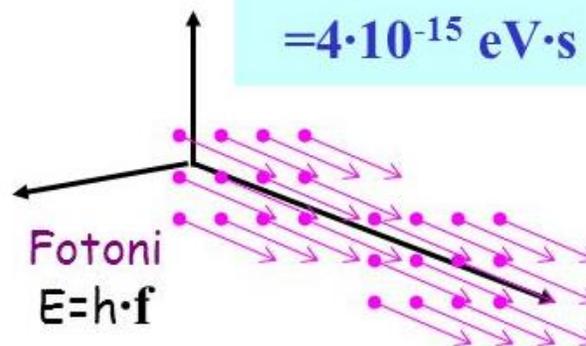
Costante di Planck

$$h= 6,6\cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$$

$$=4\cdot 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s}$$



descrizioni  
equivalenti



# Le Nanotecnologie e la Meccanica Quantistica

## Che cos'è la Meccanica Quantistica?

### INTRECCI LUMINOSI

Il fenomeno più curioso è l'entanglement ("intreccio").

Immaginiamo di prendere due fotoni in una "sovrapposizione di stati": possiamo pensarli come monete che girano all'infinito, mostrando entrambe le facce (testa o croce) - e di sottoporli all'*entanglement*, per poi portarli ai lati opposti dell'universo.

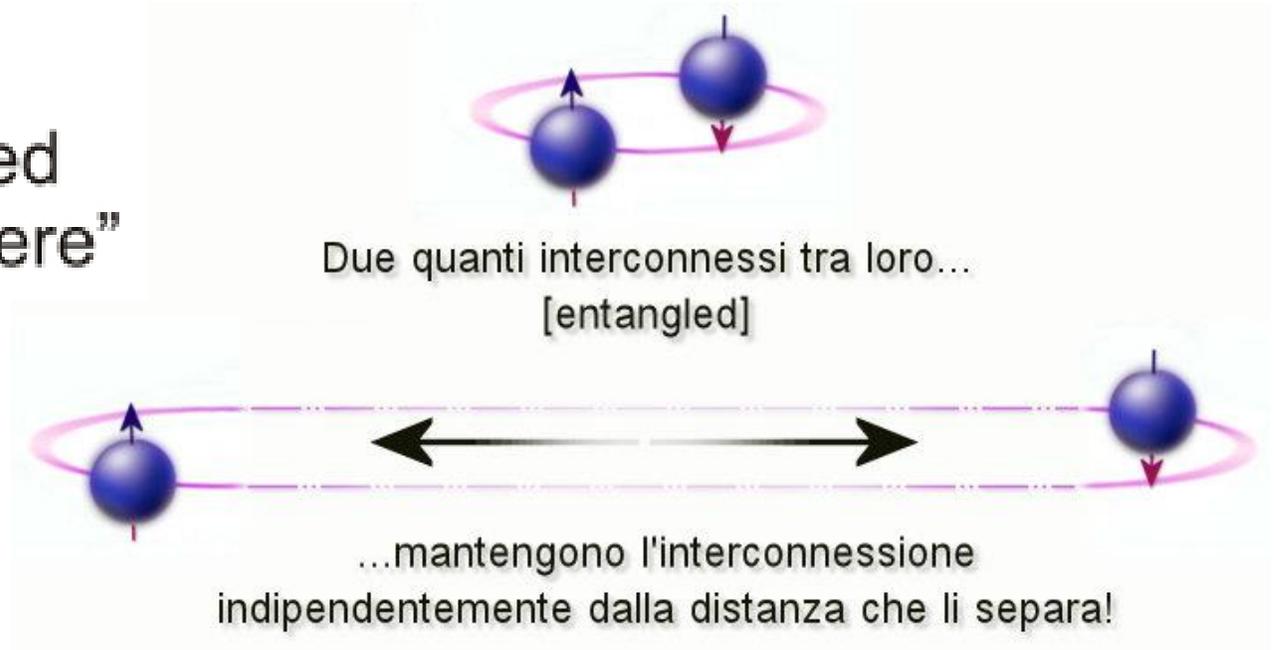
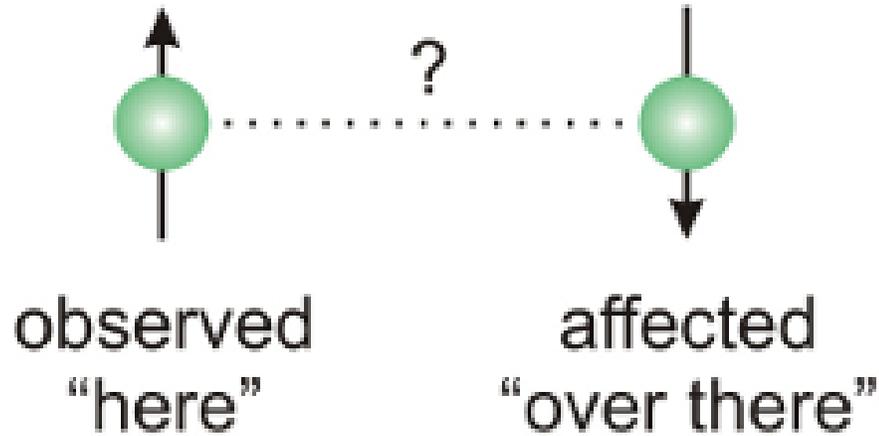
Secondo la meccanica quantistica, se effettuiamo una misura su uno dei due, e otteniamo per es. testa, anche l'altra moneta, istantaneamente, cessa di trovarsi in uno stato indeterminato: se la misuriamo siamo sicuri che il risultato sarà testa.

Le due particelle sono come in... contatto telepatico.



**Assurdo? No, entanglement!**

# Entanglement.....



**Entanglement is a magical, impossible, ... accepting the fact that, on some level, everything is connected.**

# Teletrasporto.....

## Perché è più sicuro?

Alcuni scienziati lavorano intensamente al teletrasporto quantistico perché si ritiene che possa rendere possibili trasmissioni con un **altissimo livello di sicurezza**.

Una garanzia che è insita proprio nella natura dell'informazione quantistica, che **non si può né clonare né cancellare**.

In altre parole, **se qualcuno dovesse intercettare la comunicazione non potrebbe copiarla a insaputa di Alice e Bob**.

**L'informazione quantistica viene alterata se qualcuno la misura, quindi l'intrusione sarebbe presto svelata - ed è proprio questo l'aspetto interessante!!**

# Agenda

6 febbraio 2018

Dalle 9:30: Visita alla stazione INFN di via Toledo

13:00: Pranzo MSA

14:30-15:30 Seminario

G. Pepe, “Le Nanotecnologie e la Meccanica Quantistica”

15:30:16:30

Corso sulle sicurezze (a cura di CNR SPIN)

# Agenda

20 febbraio 2018

dalle 9:30 – 12:30 Seminari (*tentative*):

- 1) *Costruire un nano-mondo* (L. Parlato, G. Carotenuto)
- 2) *Vedere il nano-mondo* (M. Salluzzo)
- 3) *Entanglement quantistico: giocando con i singoli fotoni* (A. Porzio)
- 4) *Self-assembling molecolare ed elettronica di plastica* (M. Barra)
- 5) *Il mestiere del fisico: come comunicare un esperimento* (G. Cantele)

13:00: Pranzo MSA

Dalle 14:30: visita guidata ai laboratori CNR SPIN di MSA:

- MODA (G. De Luca)
- Quantum Optics (A. Porzio)
- Pulsed Laser Deposition per nanomateriali (S. Amoruso)
- Superconduttività & Misure criogeniche (F. Tafuri)

# Agenda

6/7 marzo 2018

9:30 esperimenti in laboratorio :

**Lab 1:** *Microscopio a Scansione Tunnel (STM) nella fisica dei materiali* (MSA, Salluzzo, de Luca, Guarino, Miletto, Di Gennaro)

**Lab 2:** *Dispositivo elettronico organico: dalla fabbricazione alla caratterizzazione* (ING, Barra, Chiarello, Cassinese, ..)

**Lab 3:** *Sintesi e caratterizzazione di nanoparticelle per applicazioni biomediche* (ING, Carotenuto, Longo, Ausanio, Iannotti)

**Lab 4:** *Nanofili metallici per la rivelazione di singoli fotoni nella comunicazione quantistica* (POZZUOLI, Parlato, Pepe, Ejrnaes, Lisitskyi, Cristiano, Salvoni)

# Agenda

20/21 marzo 2018

Dalle 9:30 a MSA:

Discussione con tutor(s) sulla organizzazione del lavoro da presentare per partecipazione concorso

13:00: Pranzo MSA

dalle 14:30:

Discussione con tutor(s) sulla organizzazione del lavoro da presentare per partecipazione concorso

# Le Nanotecnologie e la Meccanica Quantistica

## *SALTI QUANTICI*

Quali che siano alla fine le proprietà attribuibili all'atomo, ce n'è una che non si può omettere: ***la sua capacità di catturare ed affascinare la mente umana.***

*Jeremy Bernstein, Adelphi*



