

Uno sguardo sul nanomondo

Giuliano Longoni

Dipartimento di Chimica Fisica ed Inorganica

Università di Bologna

Email giuliano.longoni@unibo.it

Sommario

- Definizione
- Come si studia e chi lo studia
- Perché lo si studia
- Alcuni esempi di applicazione
- Conclusioni

Cos'è e come si studia ?

Nano è un prefisso che significa 10^{-9}

Chimica Molecolare

Molecola d'acqua



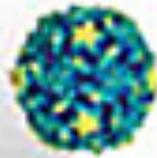
Molecola di glucosio



Anticorpo



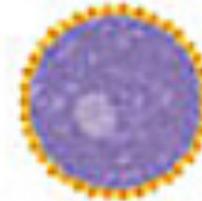
Virus



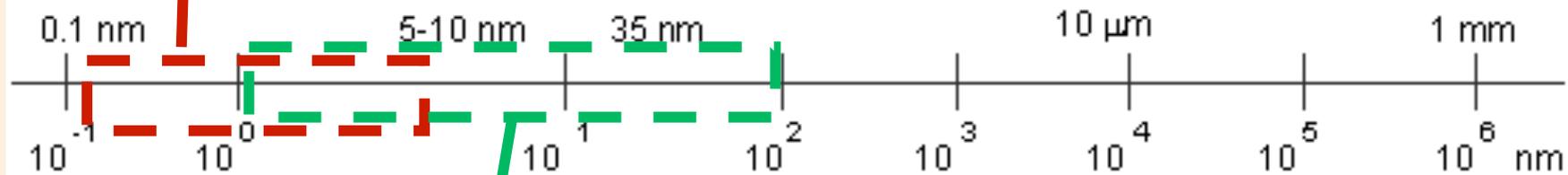
Batterio



Cellula



Granello di sabbia



Visibile per
Diffrazione
di raggi X,

Nanomondo

“Visibile” con elettroni e manipolabile (con il tip) : Scanning electron Microscopy (SEM) Scanning Probe Microscopia (STM, AFM) e Transmission Electron Microscopia (TEM, HRTEM)

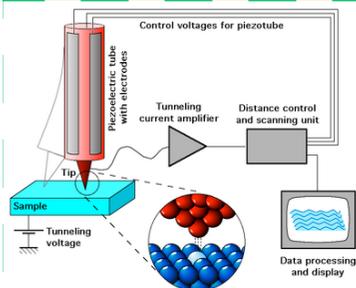
Micromondo



Visibile mediante
microscopia ottica



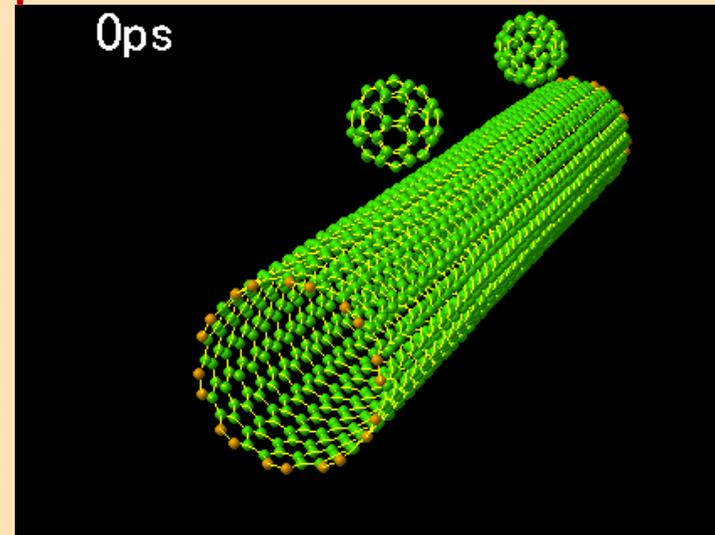
Visibile ad occhio
nudo



Alcune differenze tra macro- e nano-scala



L'oro che conosciamoe quello che fabbrichiamo



Il carbonio (grafite, diamante) che conosciamo ...e quello che fabbrichiamo

COSA RENDE IL **NANOMONDO** COSI' PARTICOLARE RISPETTO AL MACROMONDO ?

- **LE DIMENSIONI E LA FORMA, CHE INFLUENZANO IL RAPPORTO SUPERFICIE/VOLUME ED IL NUMERIO MEDIO DI COORDINAZIONE (Numero di atomi più vicini)**
- **IL REGIME DI QUANTUM SIZE**

Analizziamo come le dimensioni di un oggetto cambiano il rapporto Superficie/Volume

MACROMONDO

Un tipico materiale metallico (ad es. l'argento, che ha una densità di 10.5 g/cm^3 .)

Ha una densità in atomi per cm^3 di $\sim 10^{23}$

Ed una densità di atomi per cm^2 di superficie di $\sim 10^{15}$

Se prendiamo in considerazione un cubo con il lato di 1 cm
Avremo un numero totale di atomi pari a 10^{23} , e di questi 6×10^{15} saranno alla superficie del cubo

Pertanto il rapporto numero di atomi alla superficie su numero di atomi totale sarà

$$6 \times 10^{15} / 10^{23} = 6 \times 10^{-8}$$

Uno ogni 600 milioni di atomi è alla superficie ed il numero di coordinazione medio è 12

NANOMONDO

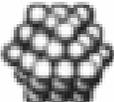
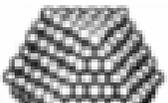
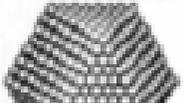
prendiamo in considerazione un cubo con il lato di **1 nm (10^{-7} cm)** dello stesso materiale (argento metallico)

Avremo un numero totale di atomi pari a $10^{23} \times (10^{-7})^3 = 100$ e di questi $6 \times 10^{15} \times (10^{-7})^2 = 60$ saranno alla superficie del cubo

Pertanto il rapporto numero di atomi alla superficie su numero di atomi totale sarà
 $60/100 = 0.6$

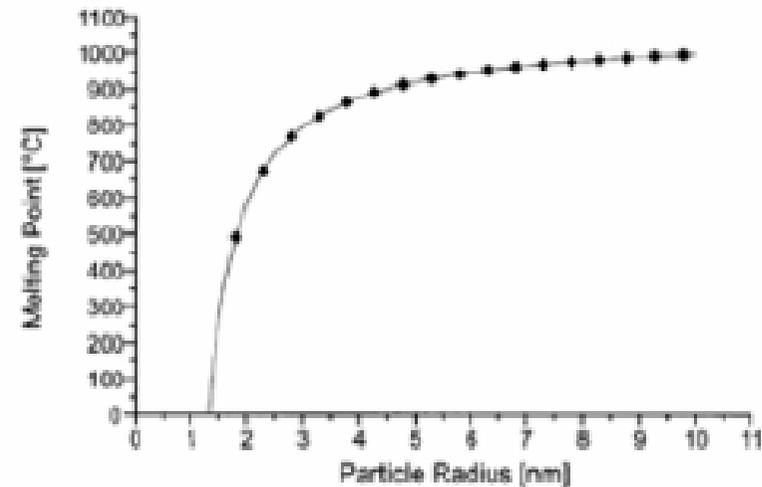
60 atomi ogni 100 sono alla superficie e solo 40 ogni 100 sono all'interno del nanocubo. Il numero di coordinazione medio è 5-7 (in funzione del tipo di impaccamento)

Una proprietà **intensiva** come il punto di fusione diventa **estensiva**, a causa della riduzione del numero medio di coordinazione

Full-shell Clusters		Total Number of Atoms	Surface Atoms (%)
1 Shell		13	92
2 Shells		55	76
3 Shells		147	63
4 Shells		309	52
5 Shells		561	45
7 Shells		1415	35

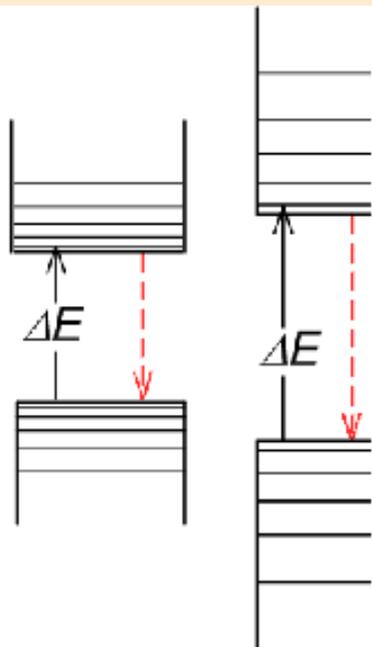
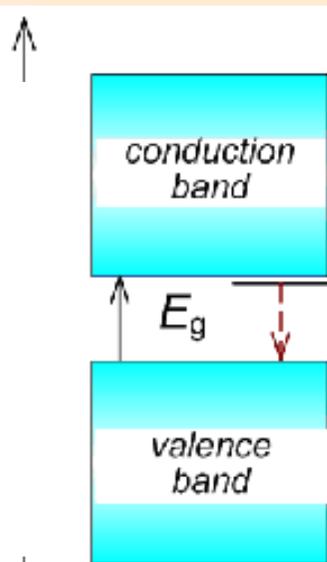
*Gold atomic size : 1.79Å (50nm : 6%)

•Melting Point of Gold (T_m = 1064°C)



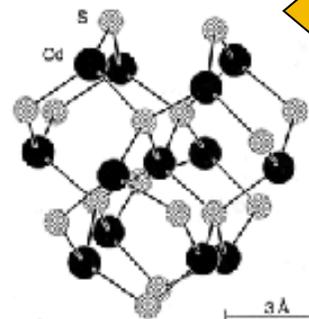
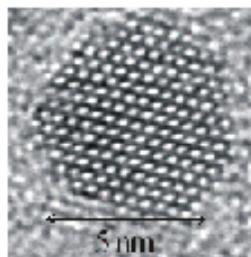
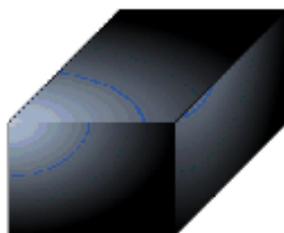
Nanoparticelle e modulazione delle loro proprietà elettroniche in funzione delle dimensioni e forma

I livelli continui di energia diventano discreti e si sintonizza il gap



I livelli energetici discreti diventano sempre più fitti e si sintonizza il gap

Top-down

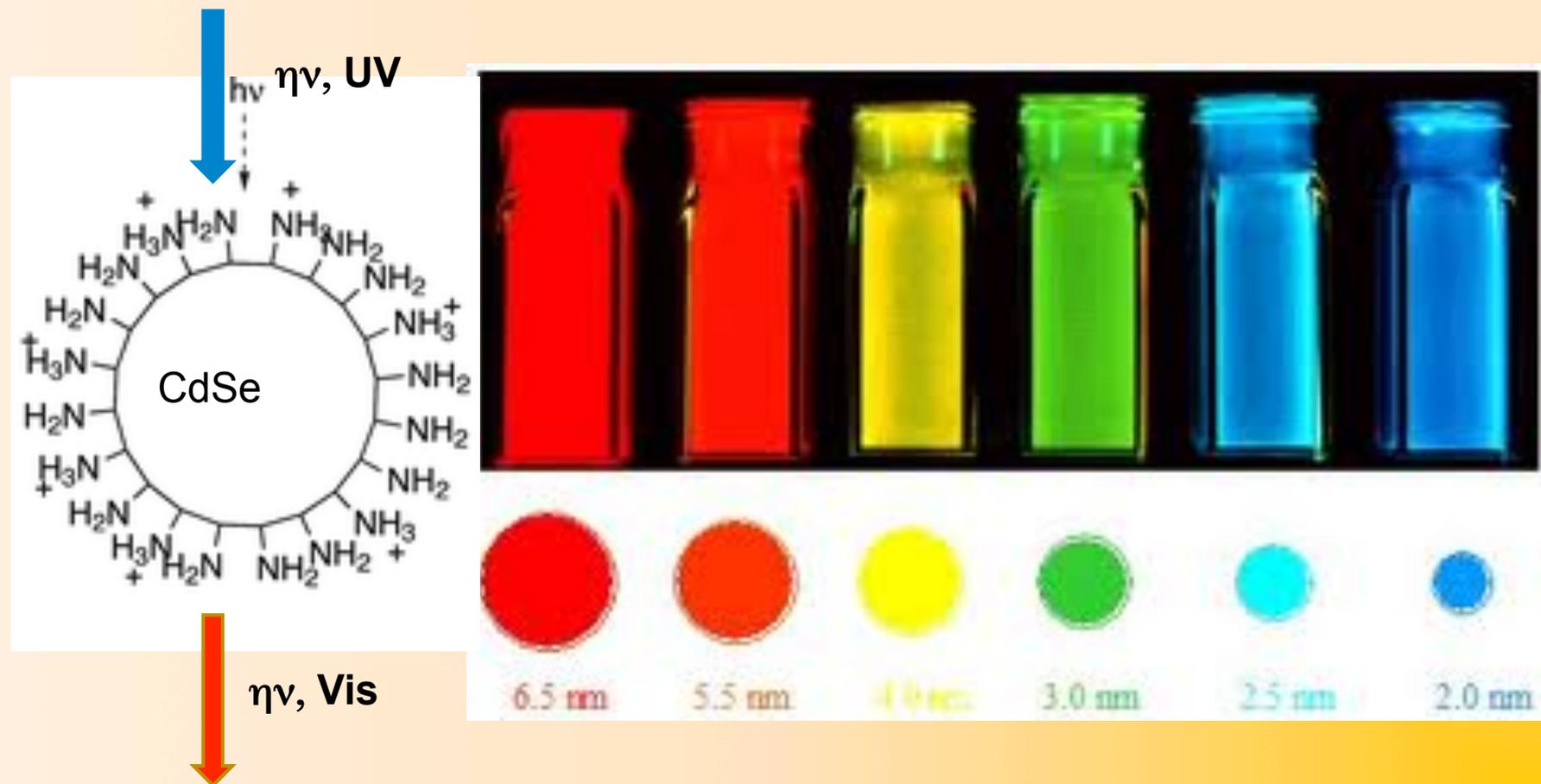


Bottom-up

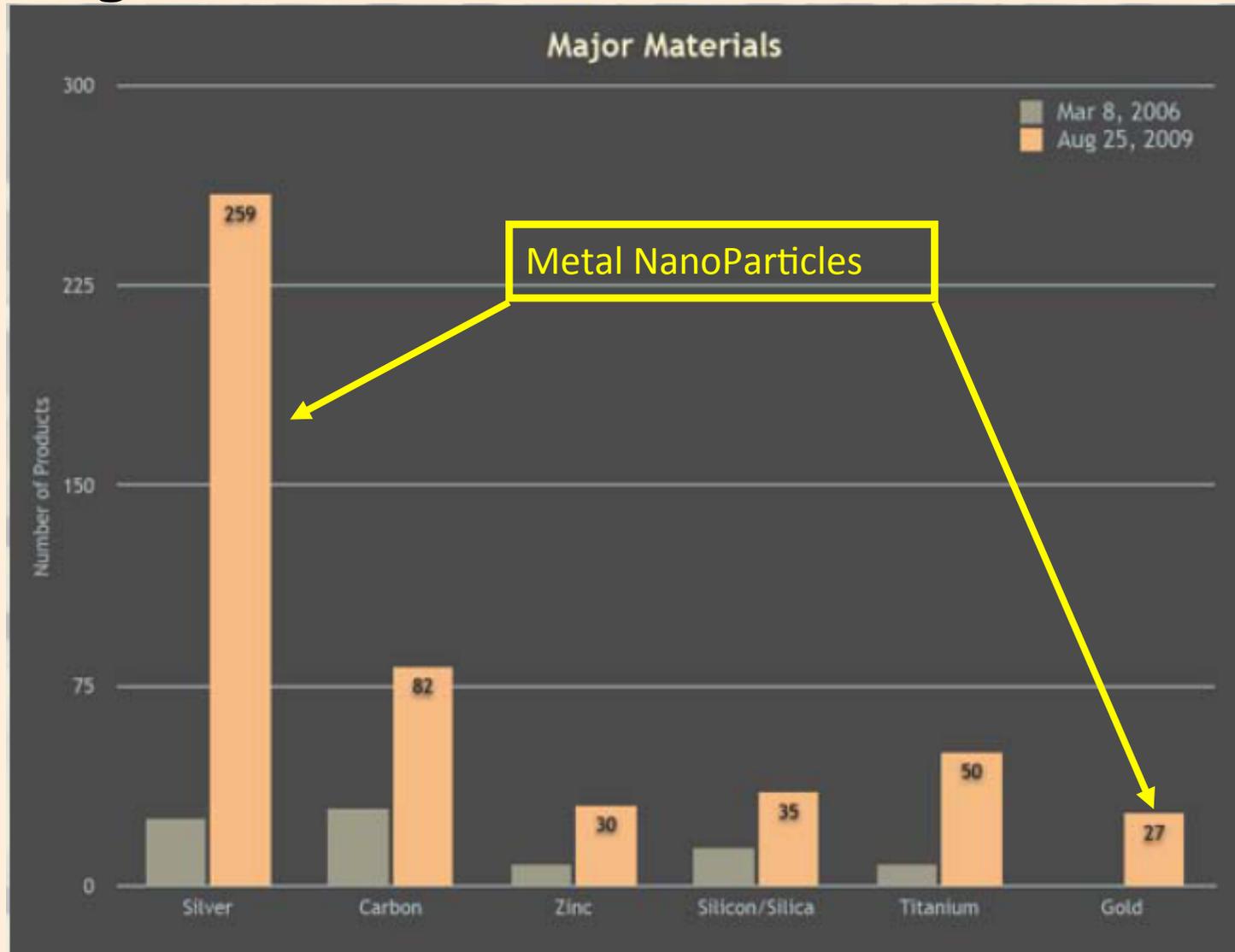
1 Å = 0.1 nm

Dimensioni e forma variano le proprietà elettroniche, magnetiche ed ottiche

Fluorescenza di nanoparticelle di CdSe in funzione delle loro dimensioni e sintonizzazione dei livelli energetici



L'esplosivo sviluppo delle Nanotecnologie per tipologie di nanomateriali commercializzati



Erroneamente non vengono prese in considerazione le nanoparticelle magnetiche

Strategie di fabbricazione bottom-up

Nanoparticelle di ossidi o solfuri o metalli vengono generate in soluzione in uno stato metastabile, rallentando o bloccando a loro aggregazione mediante:

- ❖ Repulsione elettrica: Cariche libere (positive o negative)
- ❖ Repulsione sterica: Leganti debolmente coordinati
- ❖ Repulsione elettrosterica: leganti con carica elettrica debolmente coordinati

Queste fasi metastabili possono essere stabilizzate indefinitivamente per inclusione in

- Una matrice inorganica (Coppa di Licurgo)
- Una matrice organica (polimeri)
- Un guscio di leganti fortemente coordinanti che fanno da schermo.

Ciò rende possibile ulteriori funzionalizzazioni delle matrici o dei leganti con un ampio spettro di scopi ed applicazioni

Alcuni esempi
delle
potenzialità
delle
Nanotecnologie

Nano-anatase (TiO₂): è un materiale fotocatalitico che mediante la luce UV degrada molecole organiche ed inorganiche (o particelle di smog) adsorbite o depositate sulla superficie

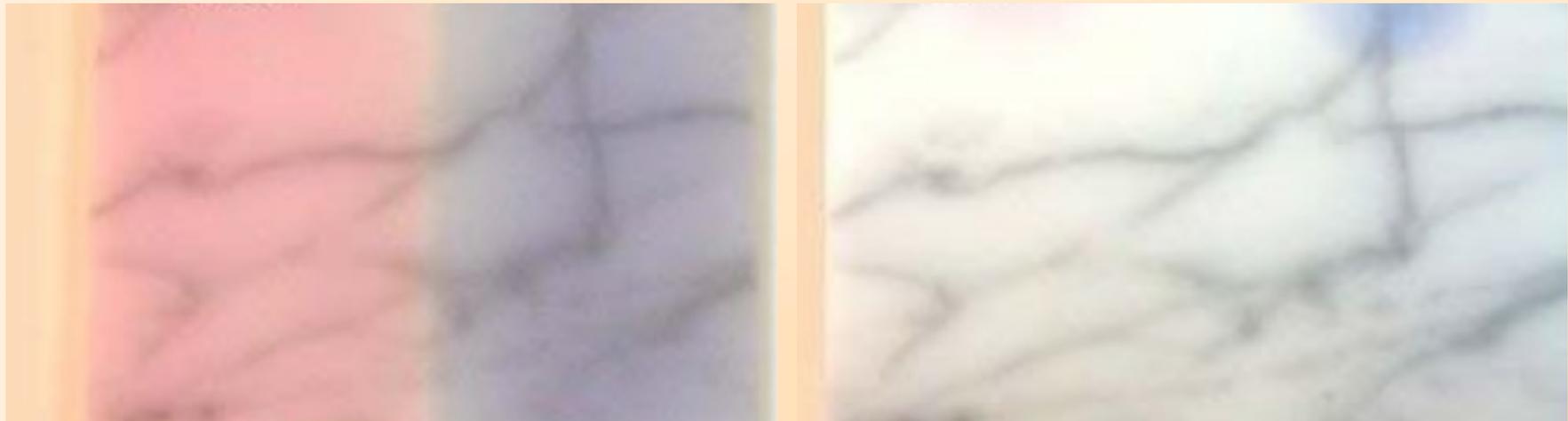
Abbattimento di inquinanti atmosferici. Gli NOx e gli SOx vengono trasformati in nitrato e solfato che formano sali complessi con i componenti del cemento

	ALBERI	CEMENTO CON TiO ₂
Superficie occupata	30000 m ²	30000 m ²
Assorbimento di NO ₂ in 12 ore/m ²		1.5 milioni di molecole = 0.069 g
Assorbimento annuo di NO ₂	670 kg	365 gg x 0.069 g/m ² x 30000 m ² = 755 kg



Ulteriori vantaggi sono quello di essere più vicini a dove gli inquinanti vengono emessi e si stratificano per gravità e quello di rimanere attivi anche nella stagione in cui le foglie cadono

Proprietà autopulenti di superfici di marmo trattate con nano anatase (TiO_2) e volutamente sporcate



Red ink Blu di Metilene

dopo 1 ora in luce solare

Graffiti Addio ?

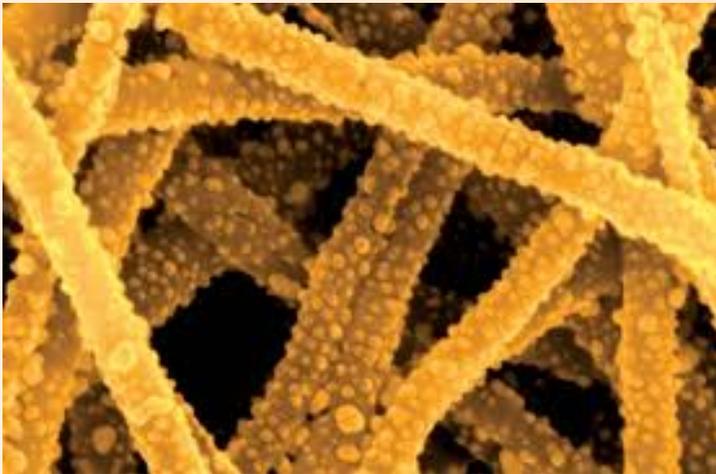
Le proprietà antisettiche degli ioni Ag^+ sono note fin dall' antichità

Gli antichi greci erano convinti che bere da un coppa d'argento allungava la vita



In tempi più recenti ci accontentiamo di allungare la vita dei nostri denti

Nanoparticelle di argento sono assai più efficaci di Ag in lamina in quanto liberano una quantità di ioni Ag^+ più elevata a causa della diminuzione del potenziale redox della coppia Ag^+/Ag in funzione delle dimensioni (**un' altra proprietà intensiva che diventa estensiva**)



Nanoparticelle di Ag legate ad una fibra tessile mediante opportuna funzionalizzazione



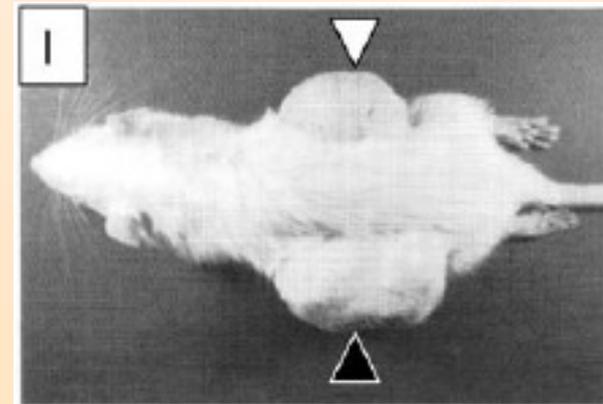
L' uso di nanoparticelle d' argento ancorate ai tessuti di lenzuola, materassi e cuscini abbatte la carica di batteri, virus, microbi e funghi in breve tempo, anche in assenza di luce.

IPERTERMIA MAGNETICA CON NANO-Fe₂O₃

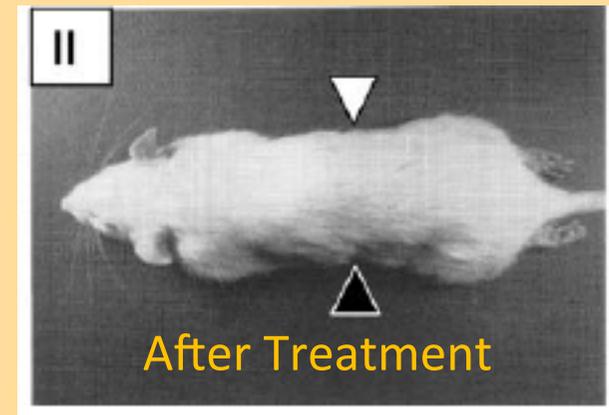
Nanoparticelle magnetiche vengono iniettate e posizionate con un magnete o per riconoscimento di molecole sovraesprese da cellule tumorali.

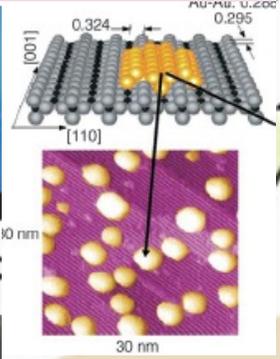
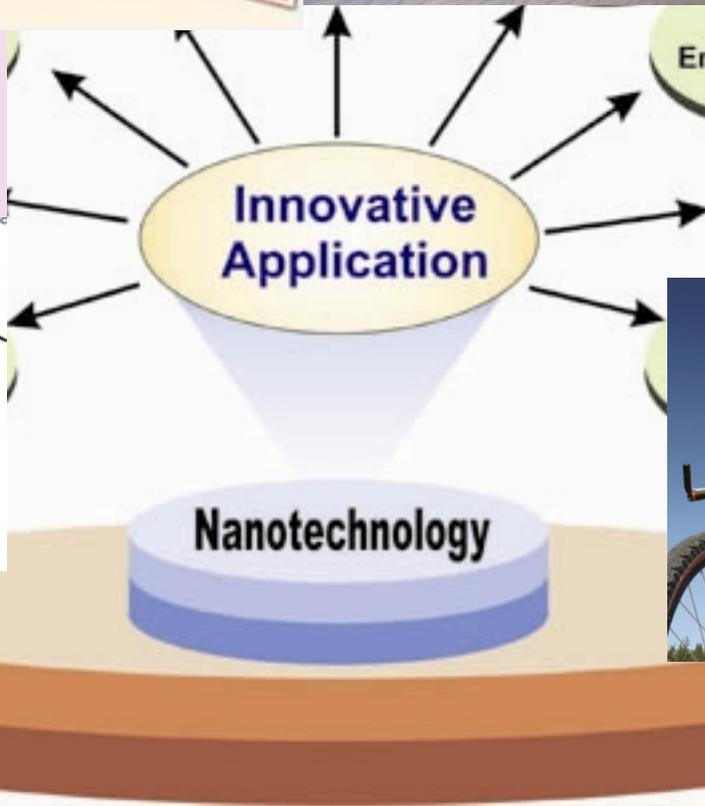
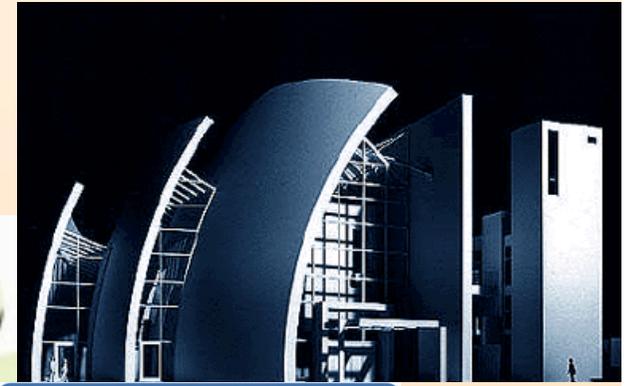
Applicando un campo magnetico oscillante si causa la loro agitazione e si provoca un surriscaldamento delle cellule in prossimità delle nanoparticelle. A 42°C le cellule subiscono apoptosi.

Trattamento di tumori localizzato, ripetibile e poco invasivo



PRIMA ↑
E DOPO ↓ IL TRATTAMENTO





E molto altro ancora !

In conclusione, le nanoscienze e le nanotecnologie sono scienze e tecnologie emergenti con una enorme gamma di applicazioni anche disparate e, quindi, **altamente interdisciplinari**. Coinvolgono:

- Chimica
- Biochimica
- Fisica
- Matematica
- Ingegneria
- Scienza dei materiali
- Medicina

Il nanotecnologo non è una figura professionale frutto di uno specifico corso di studio. E' opportuno che possieda una ottima formazione in una di queste discipline ed una discreta formazione in una o due altre discipline. Deve inoltre essere portato al lavoro di equipe.

*Grazie
per
l'attenzione*