



Roma, 15 settembre 2020

Nano Rome, 15-18 September
2020 Innovation
Conference & Exhibition



I nanomateriali: rischi e vantaggi

Luciana Dini

SAPIENZA UNIVERSITA' DI ROMA

Dipartimento di Biologia e Biotecnologie Charles Darwin

CNR-Nanotec LECCE

Prima di cominciare

Due semplici **esempi** ci possono mostrare come:

- ✓ la **natura** sfrutta da moltissimo tempo la **nanostrutturazione** della materia vivente per ottenere **proprietà** assolutamente “**nuove**” fino a poco tempo fa ritenute **irraggiungibili**
- ✓ copiando la natura (“**materiali bioispirati**”) anche l’uomo sta **avvicinandosi** a queste “**nuove**” proprietà

Il geco

- ✓ Il **geco** cammina sul **soffitto** grazie alla **nanostrutturazione** dei suoi **polpastrelli**
- ✓ La **sommatoria** di un elevatissimo numero di piccolissime **forze di attrazione** supera la **forza gravità**



Setae →



Spatulae →



La ricerca nanotecnologica

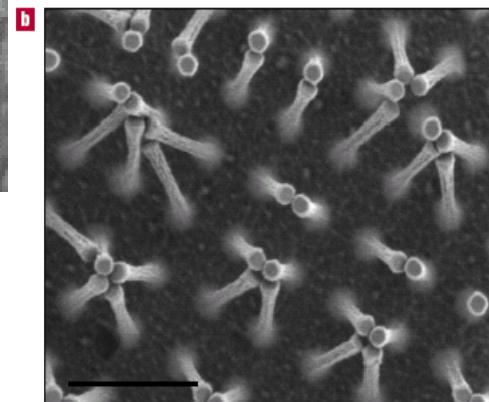
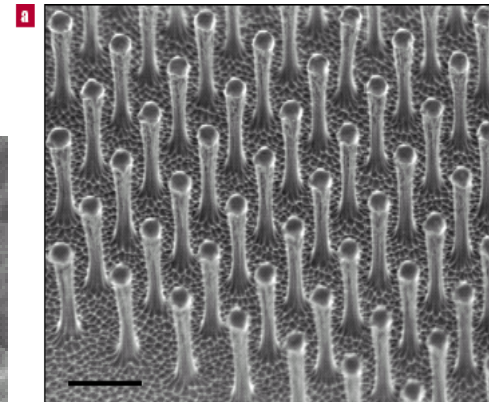
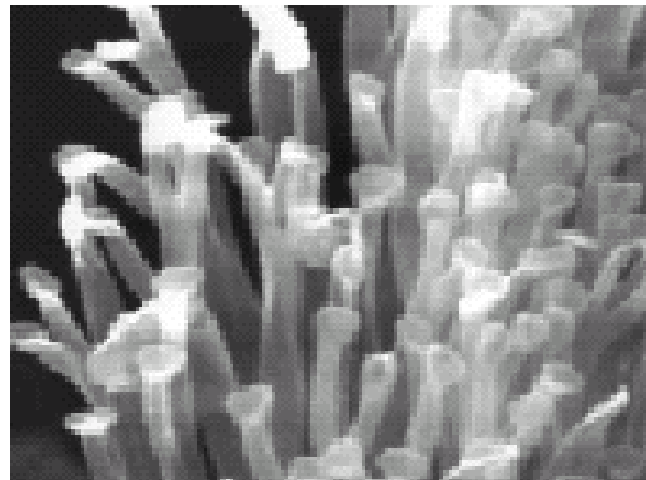
Le nanotecnologie imitano le zampe del gecko

Un nuovo materiale prodotto a Singapore

05 settembre, 14:51

Un nuovo materiale imita le proprietà adesive delle zampe dei gechi, famosi per la loro straordinaria capacità di mantenere una **perfetta aderenza su ogni tipo di superficie**, anche le più scivolose. Il risultato è stato descritto sulla rivista ACS Nano da un gruppo di ricercatori asiatici dell'Agencia per la Scienza, la Tecnologia e la Ricerca (A Star) e dell'università di Singapore.

✓ L'uomo è riuscito a **riprodurre** questa **nanostrutturazione**



**A Geim et al. "Microfabricated adhesive mimicking gecko foot-hair"
Nature Materials 2, 461 (2003).**

L'uomo ragno

- ✓ A breve potremo rendere **reale** l'immaginazione



La foglia di loto

- ✓ Grazie alla **nanostrutturazione** le foglie di **loto** sono **idrofobiche** e l'acqua rotola su di esse senza **bagnarle**

Dalla foglia di loto nasce un nuovo nanomateriale intelligente: la scoperta è di un team internazionale

Di **Laura Tumbarello** - 29 Gennaio 2013

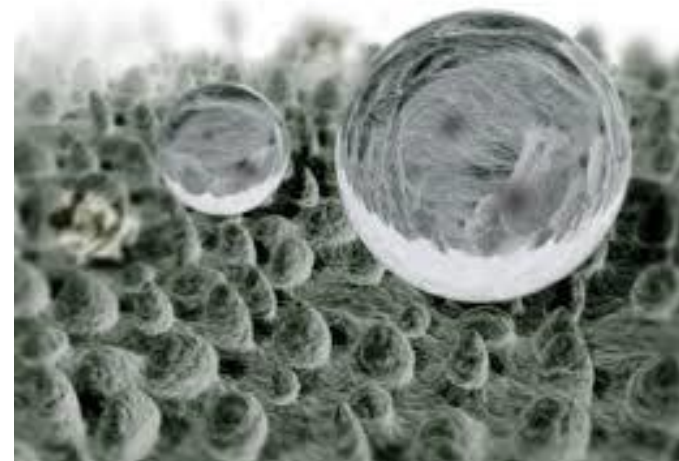
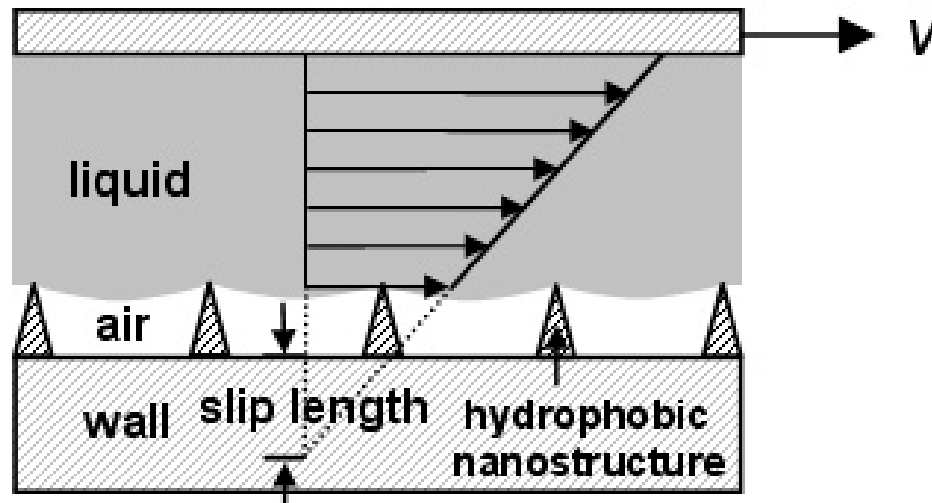
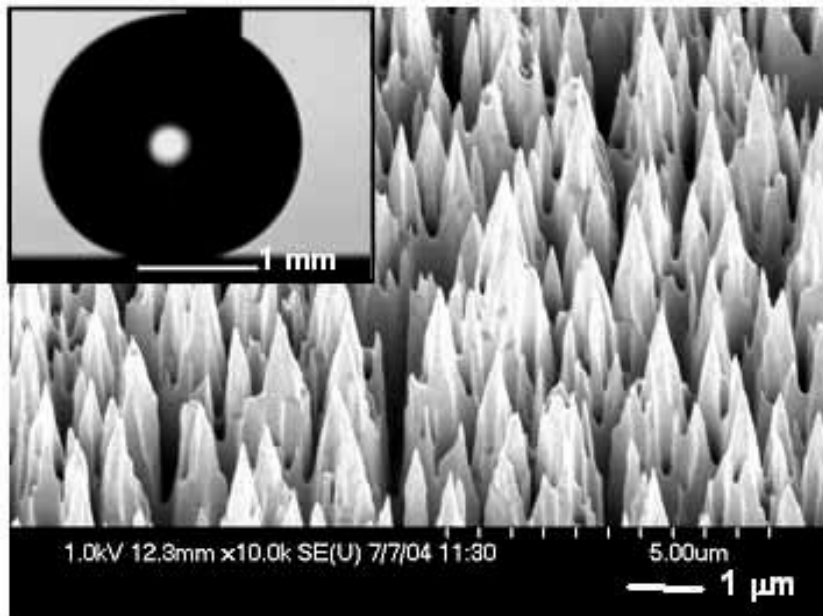


Un gruppo internazionale di ricercatori ha preso spunto dalla **particolare struttura** della foglia di loto per ricreare in laboratorio un nuovo nanomateriale intelligente, che come la famosa pianta acquatica risulta essere **idrorepellente**. La scoperta è nata dalla

collaborazione tra la Duke University, il Massachusetts Institute of Technology (MIT) e l'Università di Trento. Il *team* è stato guidato dal professor Nicola Pugno dell'ateneo trentino, già fondatore del Laboratory of Bio-Inspired Nanomechanics.

La ricerca nanotecnologica

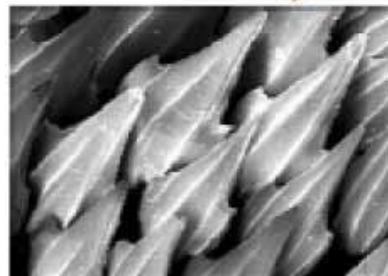
✓ L'uomo è riuscito a **riprodurre** questa **nanostrutturazione**



Choi and Kim, Physical Letters 2006

I costumi dei nuotatori

- ✓ Ogni giorno escono sul mercato nuovi **costumi da bagno progettati e realizzati** in modo da renderli **idrofobici**, consentendo ai nuotatori di **scorrere** più velocemente nell'acqua



Speedo® Fastskin(TM) è un rivoluzionario costume che riproduce la pelle dello squalo e aderisce al corpo come una seconda pelle. La stampa del tessuto riproduce i dentelli dermali della pelle dello squalo, essi creano un doppio sistema di vortici in grado di canalizzare l'acqua e accelerarne il deflusso dal corpo. Test effettuati dagli atleti hanno dato come risultato un incremento delle loro performance del 3%.



European Commission Recommendation

Definition of the term “Nanomaterials”

Article 2

- Nanomaterial means a natural, incidental or manufactured material containing particles, in an unbound state or an aggregate or as agglomerate and where, for 50% or more of the particles in the number size distribution, one or more dimensions is in the size range 1 nm -100 nm; in specific case and where warranted for concerns for the environment, health, safety or competitiveness the number size distribution threshold of 50% may be replaced by a threshold between 1 and 50%.

Article 5

- Where technically feasible and requested in specific legislation, compliance with definition in point 2 may be determined on the basis of the specific surface area by volume. A material should be considered as falling under the definition in point 2 where the specific surface area by volume is greater than $60 \text{ m}^2 / \text{cm}^3$. However a material which, based on its number size distribution is a nanomaterial should be considered as complying with the definition in point 2 even if the material has a specific surface area by volume lower than $60 \text{ m}^2 / \text{cm}^3$

Definizioni

Cosa è la Nanotecnologia

- ✓ Studio, disegno, creazione, sintesi, manipolazione e applicazione di materiali, apparecchi e sistemi funzionali attraverso il controllo della materia e lo sfruttamento di fenomeni e proprietà della stessa, **su scala nanometrica** (almeno una dimensione deve essere compresa tra 1 e 100 nm) così da ottenere **proprietà** altrimenti **non ottenibili**

Cosa è un Nanomateriale

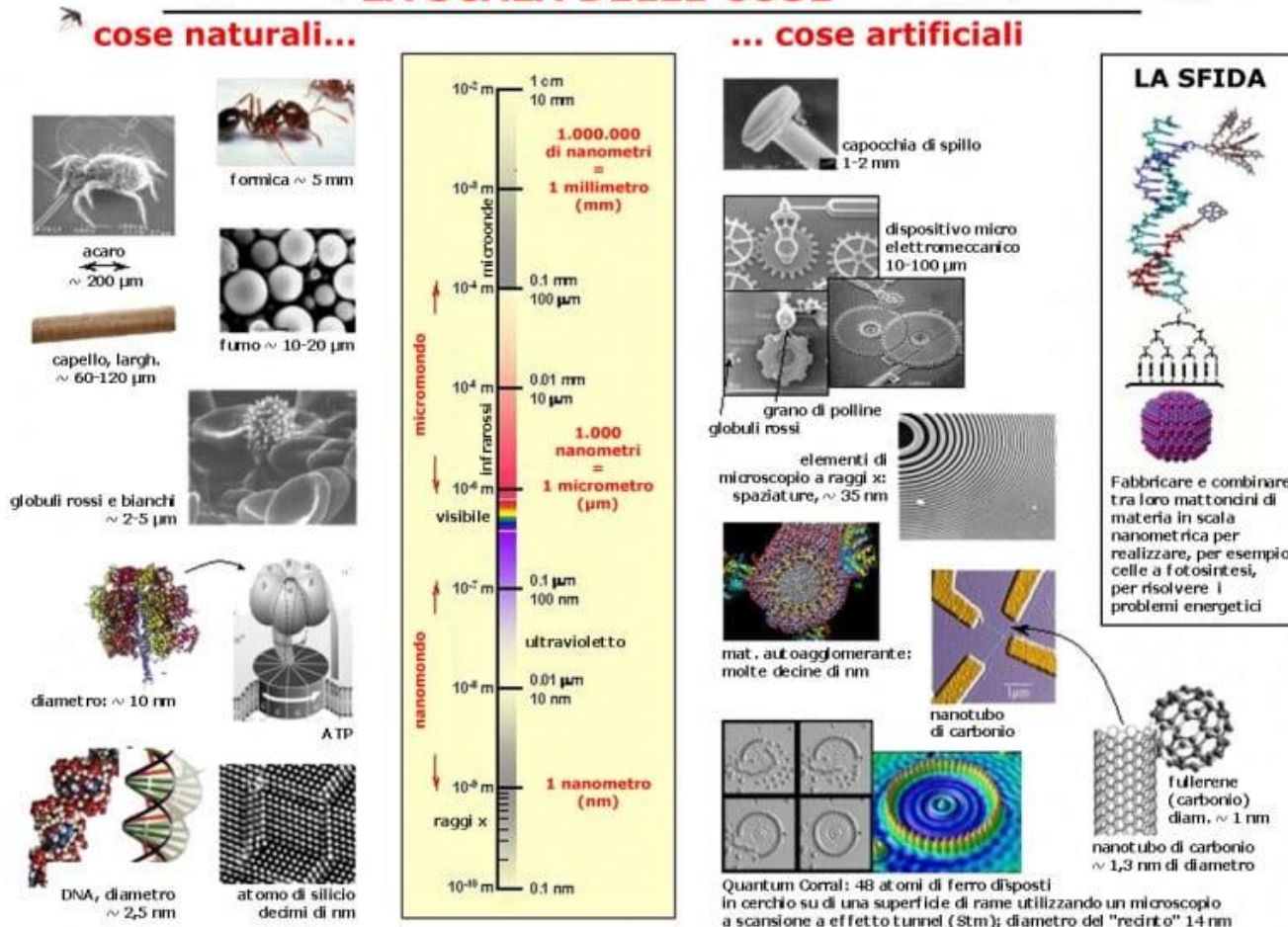
- ✓ Qualsiasi materiale che abbia almeno una dimensione su scala nanometrica (1-100 nm)

Definizioni

Nanometro

- ✓ Unità di misura di lunghezza (simbolo: nm) pari a 10^{-9} m, cioè a un miliardesimo di metro o un millionesimo di mm; equivale a **10 ångstrom**

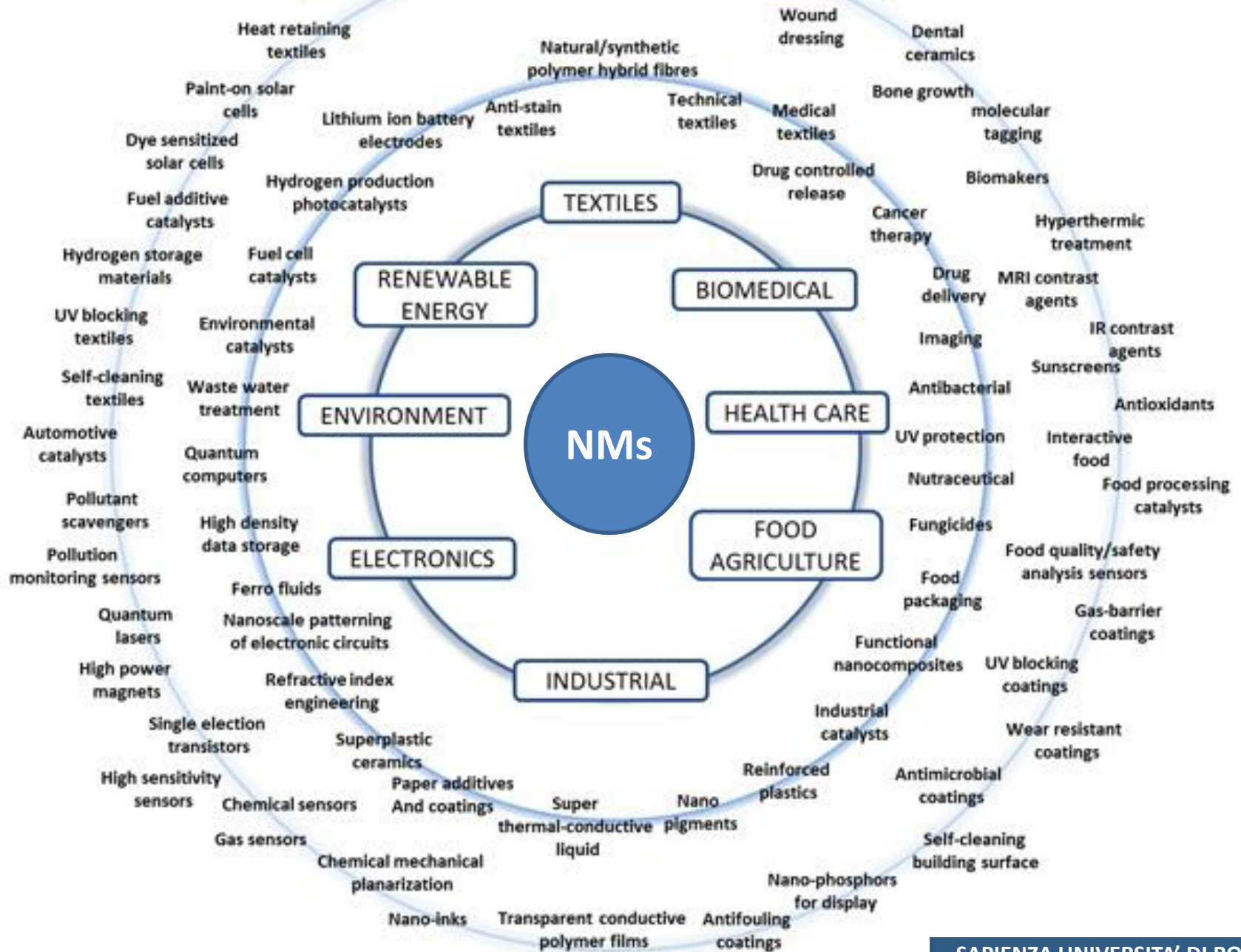
LA SCALA DELLE COSE



I campi di applicazione

- ✓ Le nanotecnologie sono un campo **molto vasto** e **interdisciplinare** e il prefisso nano è stato apposto davanti a molte discipline (nanoelettronica, nanomedicina, nanofisica, etc.)
- ✓ I **campi di applicazione** delle nanotecnologie sono pressoché **illimitati**
- ✓ Tutti i principali **settori produttivi** possono essere **interessati**
- ✓ Fornire una **panoramica** completa è una impresa molto **complessa**

APPLICAZIONE DEI NANOMATERIALI



Caratteristiche fisico-chimiche dei nanomateriali

Elevato rapporto “area di superficie/massa” elevato numero di particelle per unità di massa maggior numero di atomi sulla superficie



Maggiore attività biologica per unità di massa



Drug delivery
Gene delivery
Terapia oncologica (ipertermia)
Imaging
Rilevazione di proteine
Bio-rilevazione di patogeni
Ingegneria dei tessuti



Maggiore reattività chimica
Maggiore conducibilità elettrica
Differenti proprietà ottiche
Differenti proprietà magnetiche
Differenti proprietà meccaniche
Differente punto di fusione
Differenti proprietà antimicrobiche

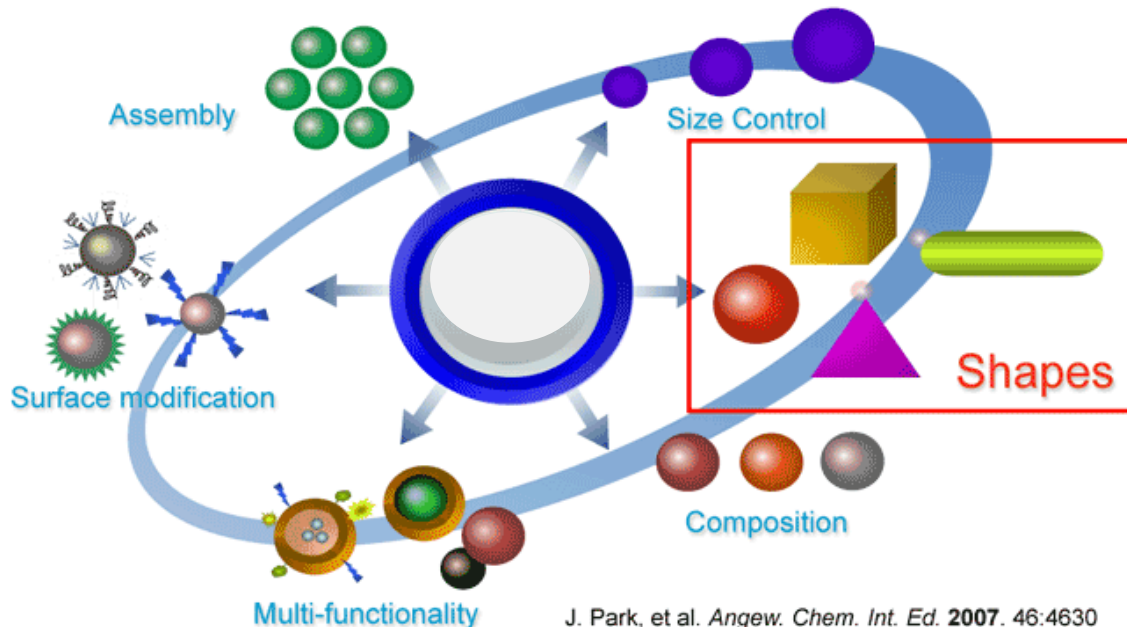


Componenti elettronici
Celle solari
Catalizzatori
Sensori di gas
Vernici
Ceramiche
Decontaminanti ambientali
Prodotti edili
Prodotti per la pulizia
Cosmetici
Antimicrobici

Le ragioni del nano

La **spinta** verso le **nanotecnologie** nasce da **due fattori**:

- ✓ La necessità di **miniaturizzare**
- ✓ La possibilità di sfruttare, e controllare le **nuove proprietà** della **materia strutturata** a livello nanometrico



J. Park, et al. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2007**. 46:4630
S. Kwon & T. Hyeon *Acc. Chem. Res.* **2008**. 41:1696

Le ragioni del nano: *miniaturizzazione*

Nanoelettronica

Miniaturizzare vuol dire:

- ✓ aumentare la “**potenza**”
- ✓ ridurre i **consumi**
- ✓ aprire nuovi **mercati**



Nanomedicina

- ✓ Essere in grado di dialogare a livello nano con le **strutture biologiche** significa poter **comprendere** i meccanismi e poter **intervenire** in maniera efficace

Le ragioni del nano: *nuove proprietà*

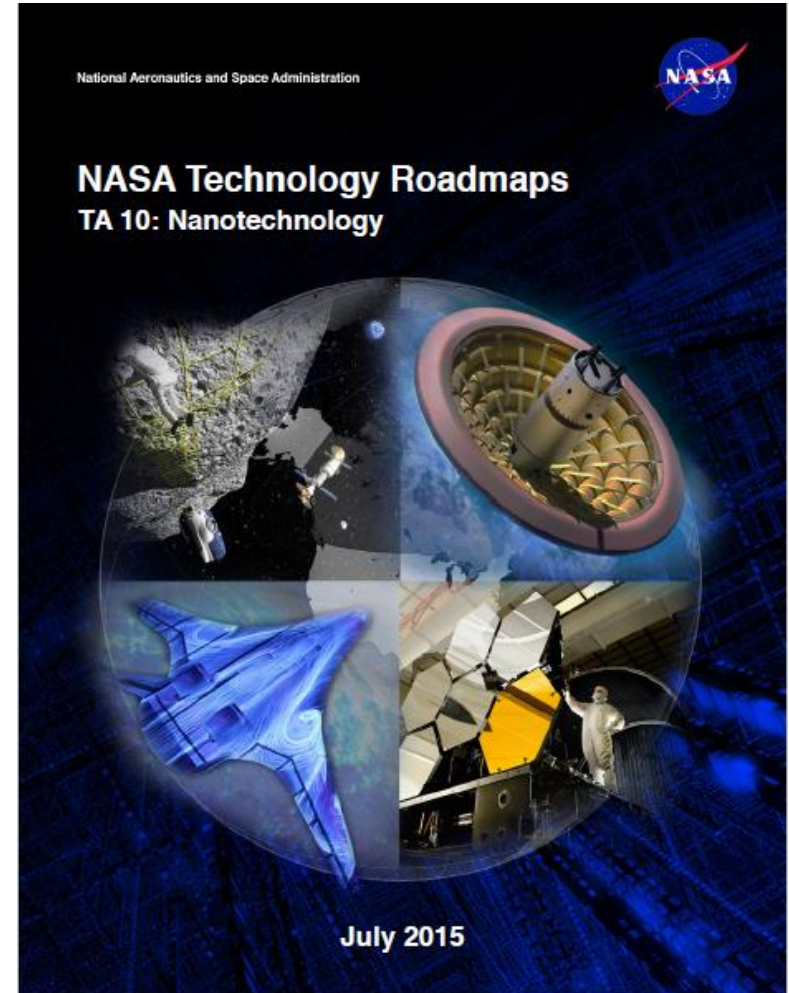
- ✓ La **strutturazione a livello nanometrico** della materia consente di ottenere **proprietà migliorate o *del tutto nuove***
- ✓ Le nanotecnologie puntano a **sfruttare** tali **proprietà**
- ✓ **Esempi: Reattività, Temperatura di fusione, Fotocatalisi, Superidrofilia e Superidrofobia, Proprietà ottiche.**

Le ragioni del nano: *nuove proprietà*

Es. La NASA studia le **nanoparticelle di alluminio** come **propulsore di razzi**

Reattività

- ✓ Per strutture **macroscopiche** il rapporto tra atomi di superficie e atomi totali è circa $5 \cdot 10^{-18}$
- ✓ Per strutture **nanometriche** questo rapporto può diventare anche **0,5**
- ✓ Gli **atomi di superficie** hanno **maggiore energia**, pertanto le **particelle nanometriche** possiedono **maggiore reattività**



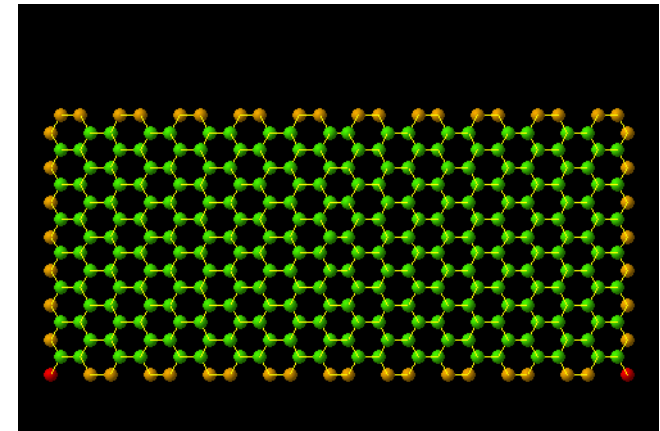
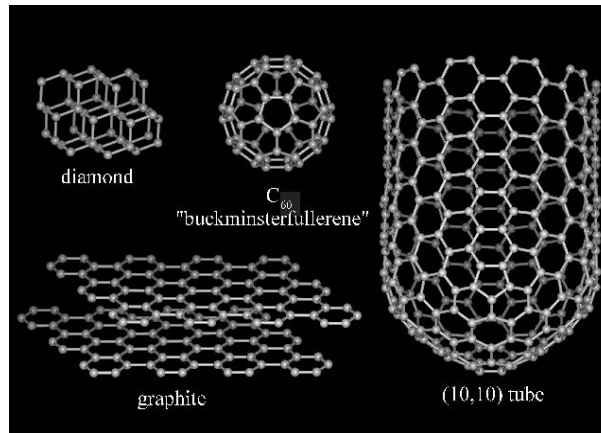
Le ragioni del nano: *nuove proprietà*

Temperatura di fusione

- ✓ Per dimensioni **macroscopiche**, la **temperatura di fusione non cambia**, un iceberg e un cubetto di ghiaccio fondono alla stessa temperatura



Nanotubi di carbonio



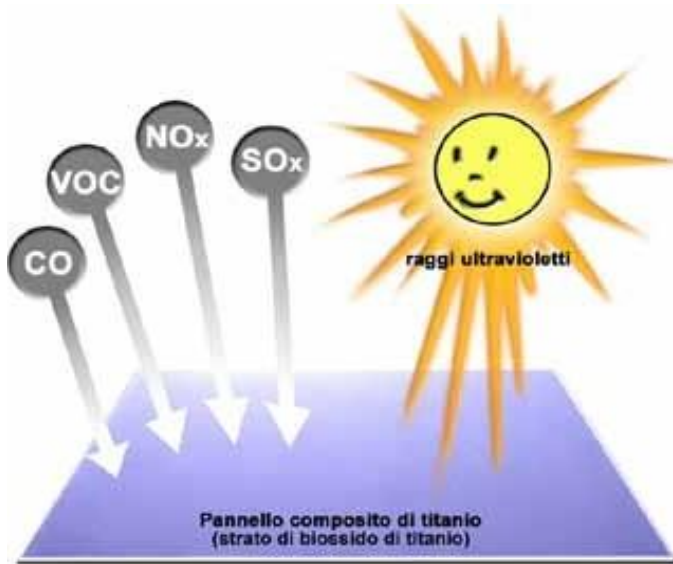
Nanotubi di Carbonio

Per confronto

	Nanotubi di Carbonio	Per confronto
Dimensione	0.6-1.8 nm di diametro	-
Modulo	4500 GPa	Per l'acciaio è ~ 200 GPa
Conducibilità	Stimata a 10 ⁹ A/cm ²	I fili di rame bruciano a 10 ⁶ A/cm ²

Le ragioni del nano: *nuove proprietà*

Fotocatalisi



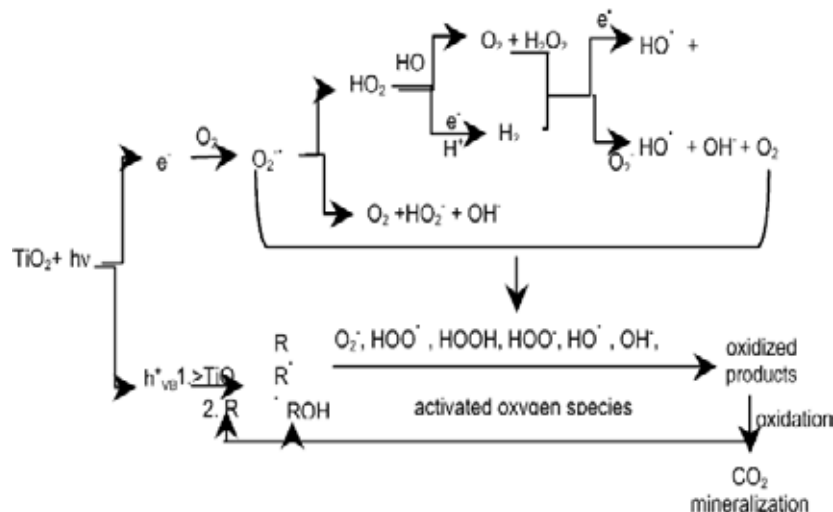
CO = monossido di carbonio
VOC = composti organo volatili
NO_x = ossidi di azoto
SO_x = ossidi di zolfo

La **fotocatalisi** è un processo chimico-fisico di:

- ✓ **catalisi eterogenea** foto-attivata
- ✓ modifica **velocità di reazione** grazie alla **luce UV**
- ✓ viene favorita la **formazione di reagenti ossidanti** che **decompongono** molti inquinanti

- ✓ L'ossido di titanio nanostrutturato anatasio in presenza di **irraggiamento UV** (di origine solare o artificiale) catalizza l'**ossidazione** di molti **inquinanti ambientali** (CO, NO_x, fenoli, benzene, tricloroetilene, acetaldeide, toluene, formaldeide),

- ✓ Ciò favorisce un **disinquinamento** ambientale di sicuro interesse applicativo



Le ragioni del nano: *nuove proprietà*

Superidrofilia e superidrofobia

- ✓ Mediante la deposizione di **film** sottili di spessore **nanometrico** (pertanto **invisibili**) è possibile modificare le proprietà di **bagnabilità** dei materiali
- ✓ Si possono ottenere sia **superfici idrofiliche** che **idrofobiche** che possono variare con illuminazione **UV**



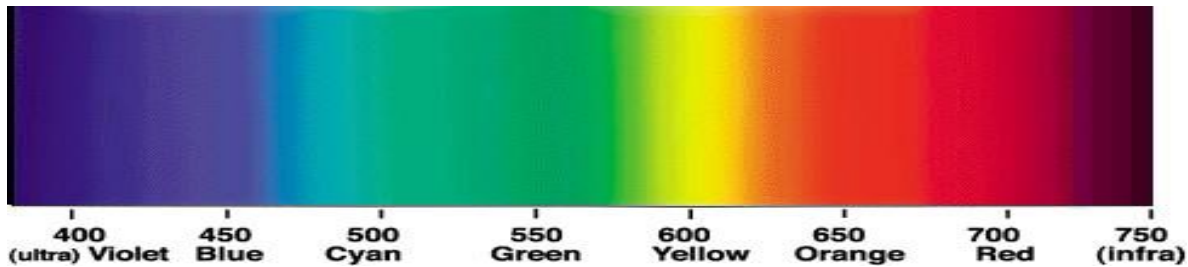
Esempi di studi



Le ragioni del nano: *nuove proprietà*

Proprietà ottiche

- ✓ La **luce visibile** ha **lunghezze d'onda** dell'ordine delle **centinaia di nanometri** e **interagisce** in maniera **differente con strutture di dimensioni ad essa simili**



- ✓ Film di **ossido di titanio** di **spessore** dell'ordine delle **centinaia di nanometri** acquistano diverse **colori di interferenza** in dipendenza dello spessore del film



Esempi di studi

Istituto di Scienza e Tecnologia dei Materiali Ceramici-CNR, Faenza



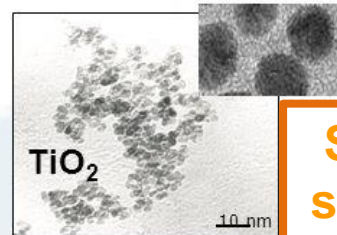
I nanomateriali ceramici funzionalizzanti

Applicazioni: costruzioni – trasporti – tessile - energia

Proprietà ottiche

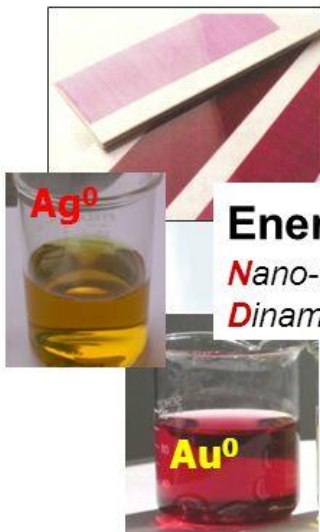
Decorazione
Inchiostri,
Nanosospensioni
Sistemi bi-metallici

Superfici "smart"
Idrofobicità, Idrofilicità,
Oleofobicità, Fotocatalisi

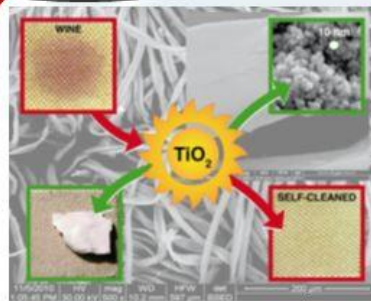


Superidrofilia
superidrofobia

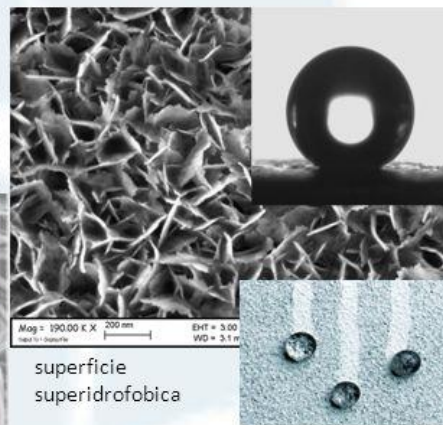
NANOPARTICELLE
Campi di applicazione in studio all'ISTEC



Energia
Nano-fluidi,
Dinamica dei fluidi



Rivestimento nano strutturato di tessuti con caratteristiche di autopulenza

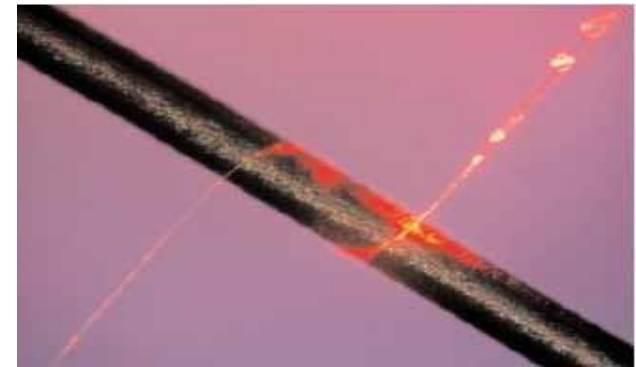


superficie superidrofobica

Repellenza all'acqua

Da cosa nascono le “nuove” proprietà

- ✓ I **materiali strutturati** in base a dimensioni **nanometriche** spesso presentano **proprietà e caratteristiche** (fisiche, meccaniche, elettriche, magnetiche, ecc.) sensibilmente **diverse** da quelle degli stessi materiali con struttura di dimensioni maggiori



**fibra nanometrica illuminata
avvolta intorno a un capello**

Due i motivi principali:

- ✓ Vi è un alto **rapporto tra gli atomi** che sono presenti in **superficie** e quelli presenti **all'interno** della struttura
- ✓ Alla scala nanometrica, lo **spettro elettronico** tende ad **assomigliare** più a quello di un **atomo** che a quello di un **solido** (si parla infatti di **superatomi**)

Nanotecnologie vs atomi (molecole)

- ✓ Gli atomi hanno dimensione dell'ordine di **1 ångstrom**, che corrisponde a **0,1 nm**
- ✓ In un cubetto di **1 nm** di lato sono presenti $10 \times 10 \times 10$ cioè **mille** atomi (di cui circa **1 ogni 2** in **superficie**)
- ✓ In una nanoparticella di **10 nm** di lato sono presenti $100 \times 100 \times 100$ cioè **un milione** di atomi (di cui circa **1 ogni 20** in **superficie**)
- ✓ In una particella di **1 mm** di lato sono presenti **10^{21}** atomi di cui **1 ogni $2 \cdot 10^8$** in **superficie**)

Nanotecnologie vs chimica

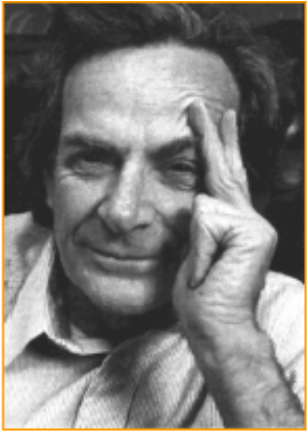
- ✓ Le nanotecnologie **non** si riferiscono a **singoli atomi** o alla **creazione di molecole** (cosa che i chimici da sempre sanno fare)
- ✓ Le nanotecnologie si riferiscono alla **manipolazione di aggregati** di un numero **limitato ma comunque elevato** di atomi (o molecole)
- ✓ Dato l'elevatissimo numero di **atomi superficiali**, nei materiali nanostrutturati diventano **fondamentali forze** come quelle di **tensione superficiale** e di **van der Waals**
- ✓ **Perdono di importanza** altre forze, come ad esempio quella di **gravità**

Il padre delle nanotecnologie

Richard Feynman (1918-1988 USA)

- ✓ Il **29 dicembre 1959** al California Institute of Technology (**Caltech**) di Pasadena durante un meeting dell'American Physical Society, Richard Feynman, considerato il **padre delle nanotecnologie**, tiene una conferenza intitolata **“There's plenty of room at the bottom”** (*C'è moltissimo spazio in basso*)

Il padre delle nanotecnologie



"Ciò di cui voglio parlare è il problema di manipolare e controllare le cose su una piccola scala. [...] Ma non mi spaventa affrontare anche la questione finale, cioè se

- in un lontano futuro - potremo sistemare gli atomi nel modo in cui vogliamo [...] Per quanto ne so, i principi della fisica non impediscono di manipolare le cose atomo per atomo. Non è un tentativo di violare alcuna legge; è qualcosa che in principio può essere fatto, ma in pratica non è successo perché siamo troppo grandi".

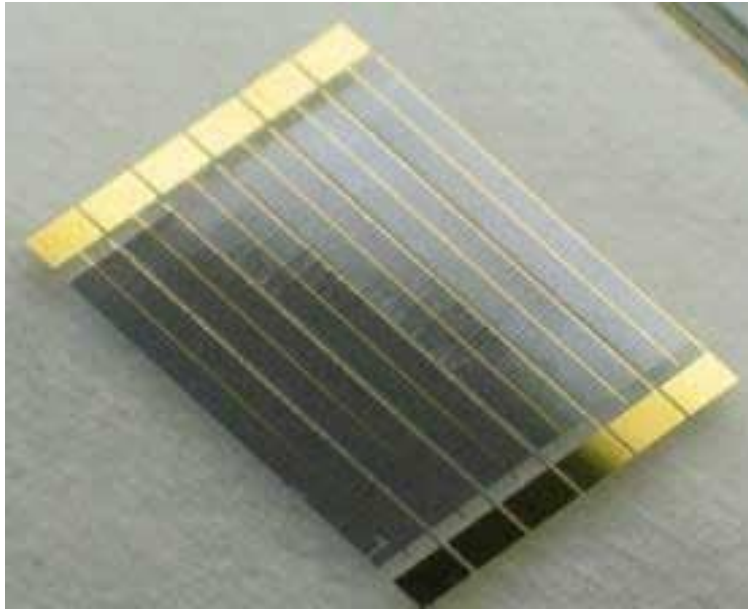
29 dicembre 1959, Richard Feynman al meeting annuale dell' American Physical Society, al California Institute of Technology (Caltech)

Nanotecnologie: PASSATO

- ✓ **Vetro nanostrutturato** (inconsapevole) di epoca romana:
Coppa di Licurgo - quarto secolo A.C. - British Museum
- ✓ Il vetro appare **verde** se la **luce è riflessa**, **rosso** se la **luce è trasmessa**



Nanotecnologie PRESENTE

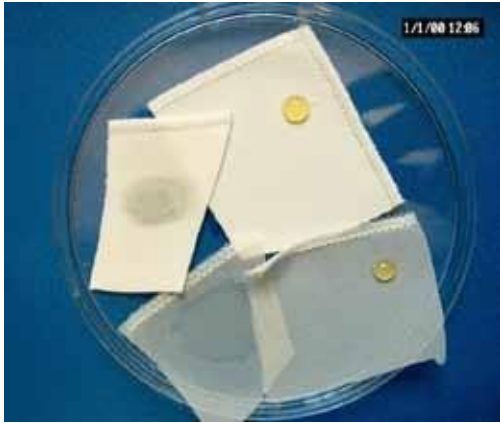


Energia: pannelli fotovoltaici flessibili

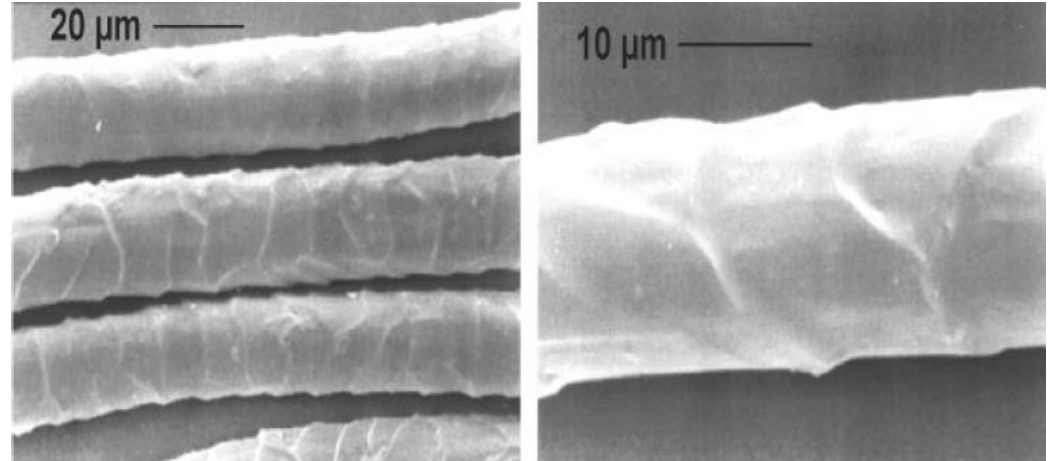


Cosmetica: crema trasparente ad alta protezione UV mediante nanoparticelle

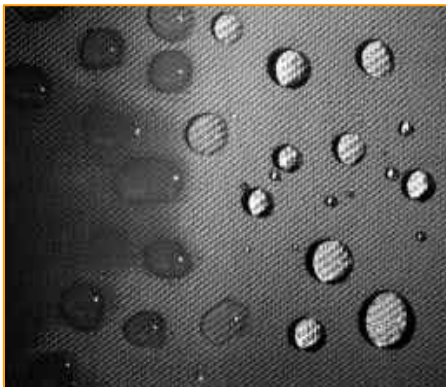
Tessile: trattamenti al plasma



tessuto in seta
reso antiolio



lana trattata per impedire il
restringimento durante il lavaggio



tessuto in cotone/poliestere reso
idrofobico

Le nanotecnologie al servizio del recupero e della conservazione dei beni culturali

Scritto da [Redazione](#)

UDINE - Le nanotecnologie alleate dei beni culturali. Un esempio concreto viene da Milano dove, nel corso dei lavori di recupero della facciata della chiesa "Santa Maria Annunciata" progettata da **Giò Ponti**, sul gruppo scultoreo in metallo dell'Annunciazione, dopo il restauro è stato applicato un innovativo film di silice non ancora sul mercato. Il rivestimento nanostrutturato, nella forma di un sol-gel, è frutto di un progetto che ha visto la collaborazione tra **A.P.E.Research**, **Elettra Sincrotrone Trieste** - realtà dell'AREA Science Park - e **Siltea**.

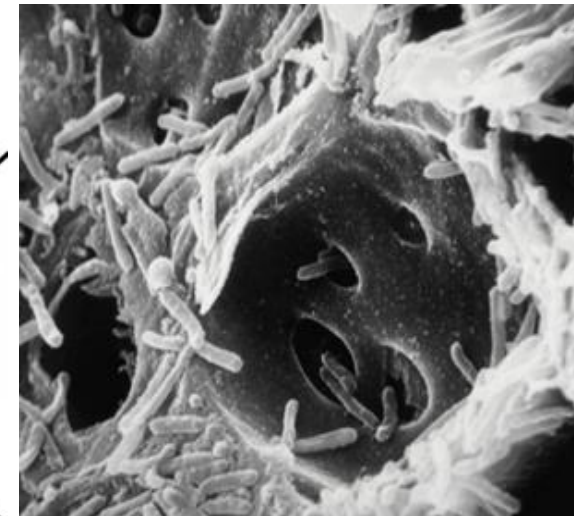
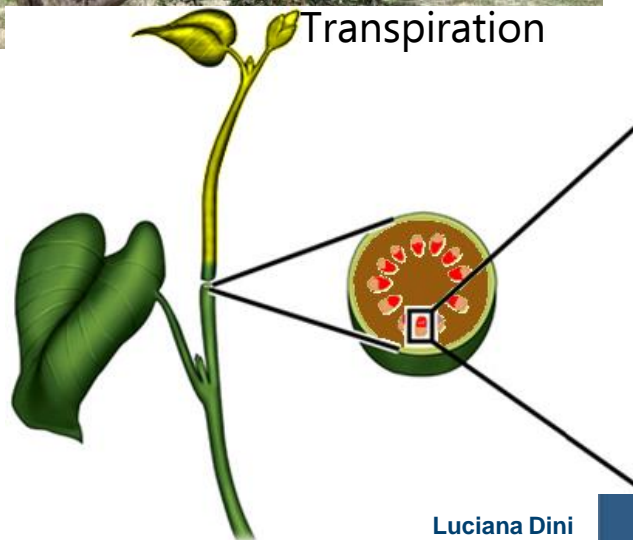


Olive quick decline syndrome

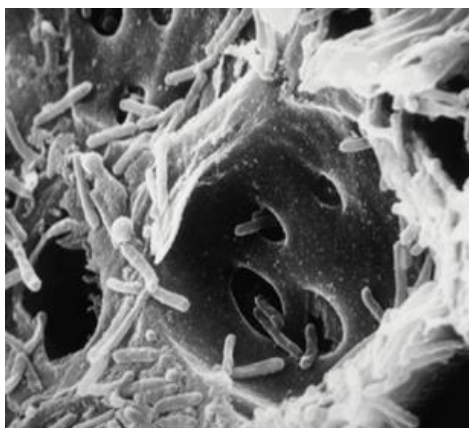


Pathogen lives in the xylem vessels of host plant.

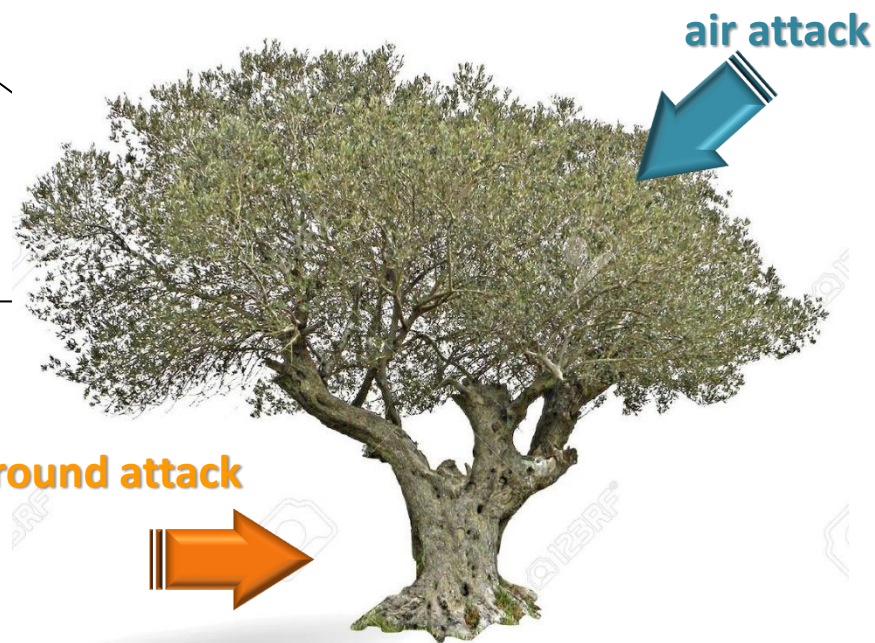
Scorching is caused by a low-level moisture that occurs as xylem vessels in leaves become blocked



The strategy of Trojan Horse

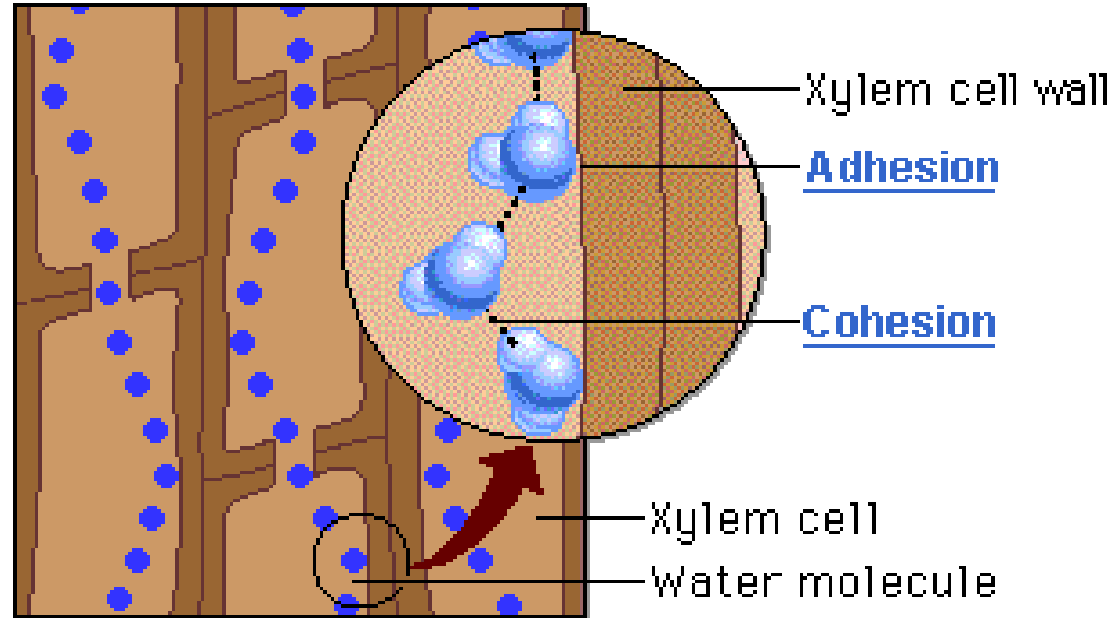
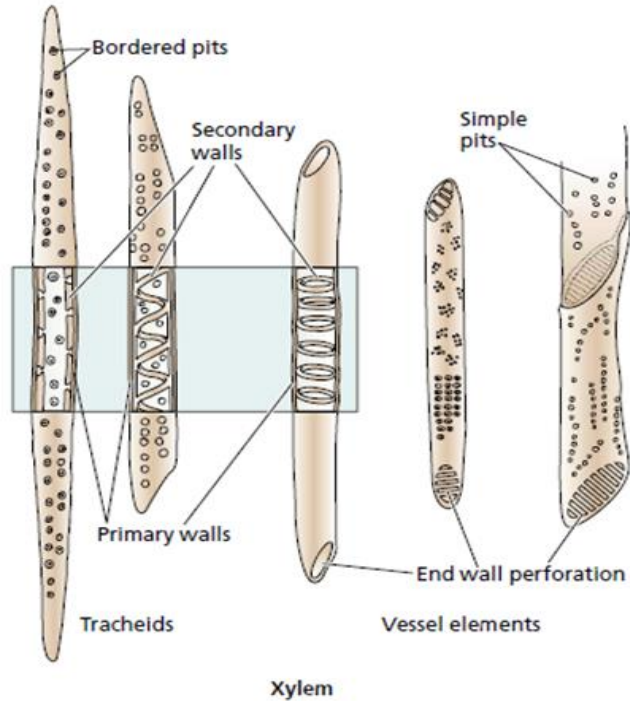


The target is inside
We need something able to go inside,
search and destroy it



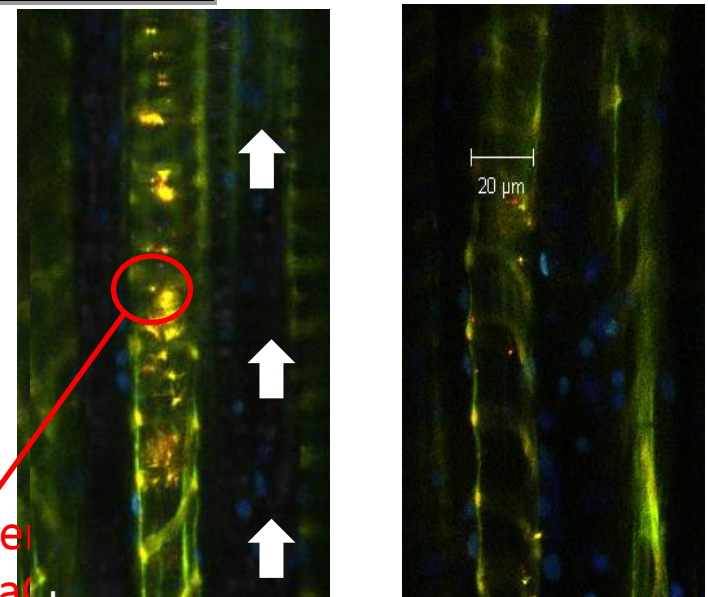
2. Nanocarriers design and synthesis

(E) Vascular tissue: xylem and phloem



Nanocarriers: 80 nm
 Xylem diameter: 200 μm

Ratio = 1:2500



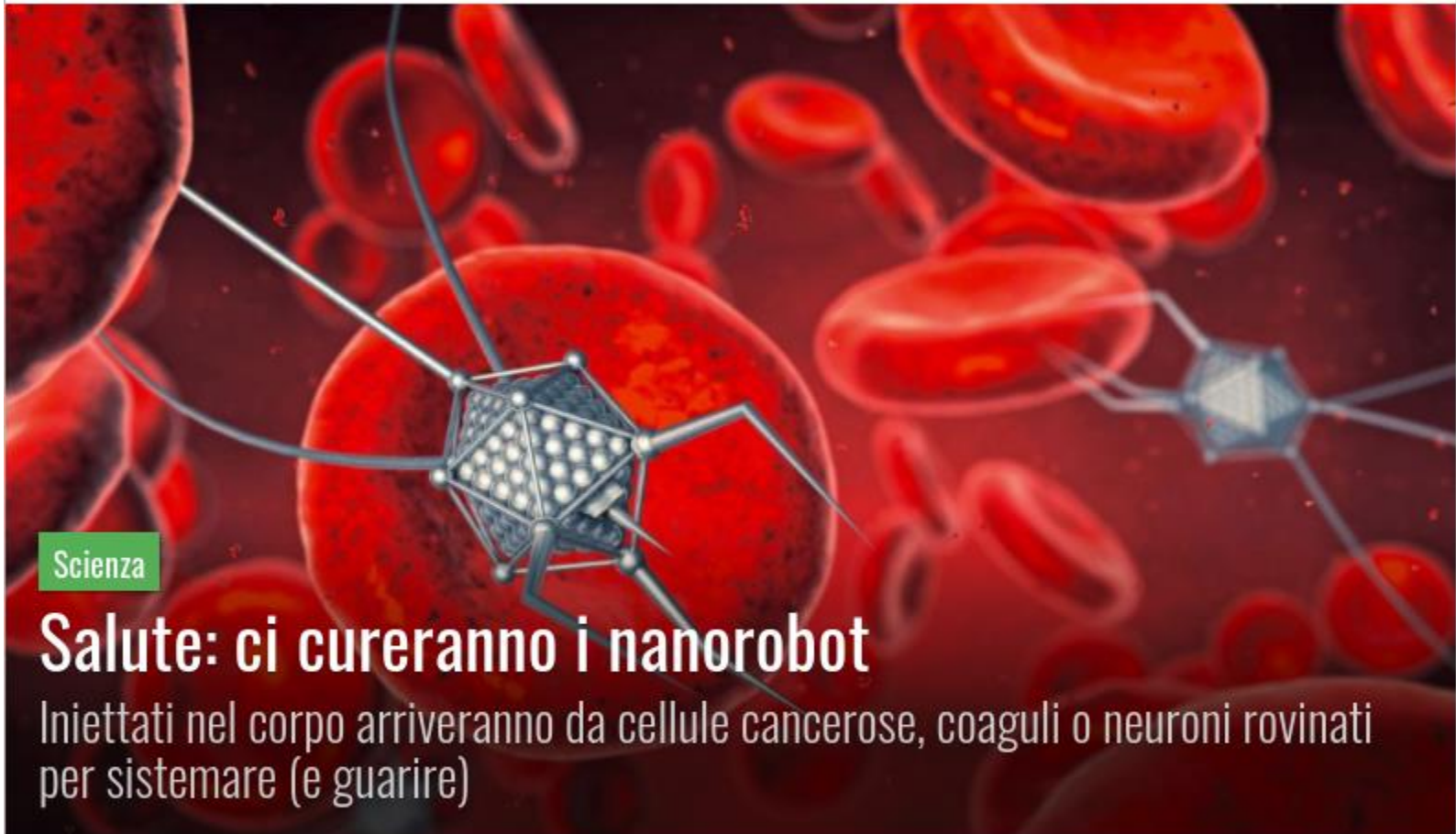
fluorescein
 Nano-Ca

Lower
 Luciana Lini

Nanotecnologie FUTURO

✓ **Nanorobot** che **dissolvono** i grumi di globuli rossi, **iniettano** farmaci localmente nelle cellule cancerogene o eseguono **interventi chirurgici** dall'interno e senza cicatrici

Panorama / News / Scienza / Salute: ci cureranno i nanorobot



Scienza

Salute: ci cureranno i nanorobot

Iniettati nel corpo arriveranno da cellule cancerose, coaguli o neuroni rovinati per sistemare (e guarire)



Nanotecnologie FUTURO

- ✓ **Nanorobot volanti** programmati per **ricostruire lo strato di ozono** assottigliato, per **filtrare le acque** dal **mercurio** e da altri **inquinanti** in pochi minuti



Il disastro ambientale della Exxon Valdez



“Filtro molecolare” con substrato di silice con nanopori (6,5 nm) che legano e catturano il mercurio

le Scienze

EDIZIONE ITALIANA DI SCIENTIFIC AMERICAN

le Scienze

MIND

◉ alimentazione

◉ cosmologia

◉ emergenza Xylella



The Nobel Prize in Chemistry 2016



Ill: N. Elmehed, © Nobel Media 2016
Jean-Pierre Sauvage
Prize share: 1/3



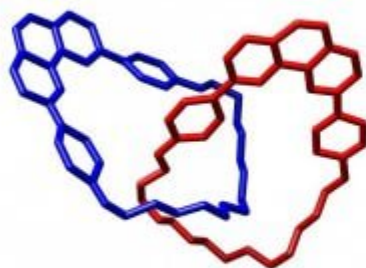
Photo: Northwestern University
Sir J. Fraser Stoddart
Prize share: 1/3



Ill: N. Elmehed, © Nobel Media 2016
Bernard L. Feringa
Prize share: 1/3

05 ottobre 2016

Il Nobel per la chimica agli inventori dei motori molecolari



Credit: M Stone/CC BY-SA 3.0

✉ Mail  Stampa

Assegnato a Jean-Pierre Sauvage, J. Fraser Stoddart e Bernard L. Feringa per "la progettazione e la sintesi di macchinari molecolari", macchine di dimensioni nanometriche con movimenti controllati e in grado di svolgere un compito quando si fornisce energia *di Folco Claudi*

◉ chimica ◉ eventi ◉ nanotecnologie

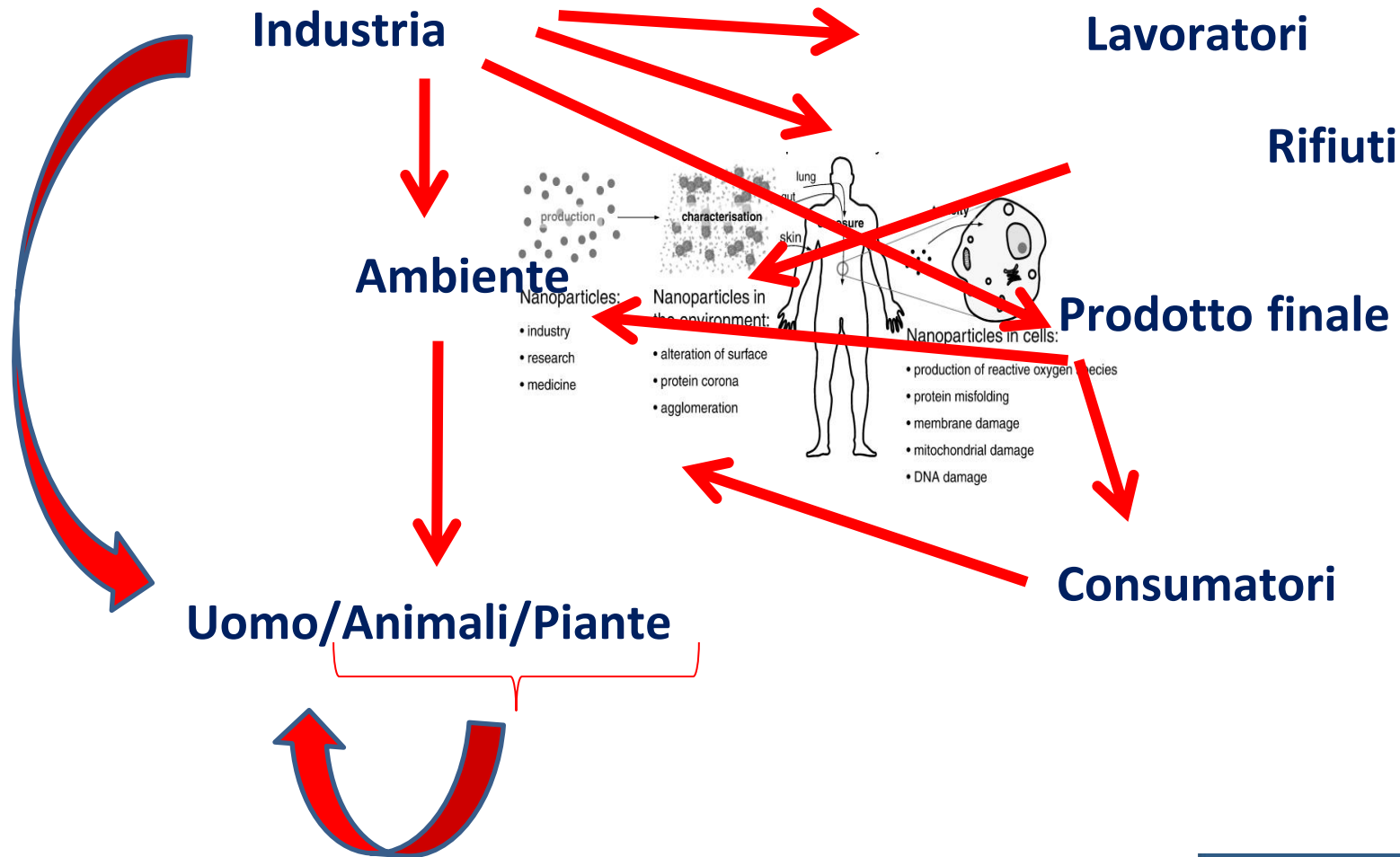
Il premio Nobel per la chimica di quest'anno è stato conferito a Jean-Pierre Sauvage, Sir J. Fraser Stoddart e a Bernard L. Feringa, "per la progettazione e la sintesi di macchine molecolari".

I problemi di sicurezza

- ✓ I possibili effetti sulla **salute** delle nanoparticelle **non sono ancora noti**
- ✓ Su questo punto la **ricerca pubblica** internazionale **sta investendo** moltissimo
- ✓ La **valutazione** non può che essere lasciato a persone con grande **competenza specifica**
- ✓ Purtroppo la valutazione tende a divenire più **ideologica** che **scientifica** (caso tipico: inceneritori)
- ✓ Ogni “**parere personale**” è inevitabilmente **scorretto**
- ✓ Sicuramente grande **attenzione** deve essere posta soprattutto verso quelle tecnologie che utilizzano **nanoparticelle libere**

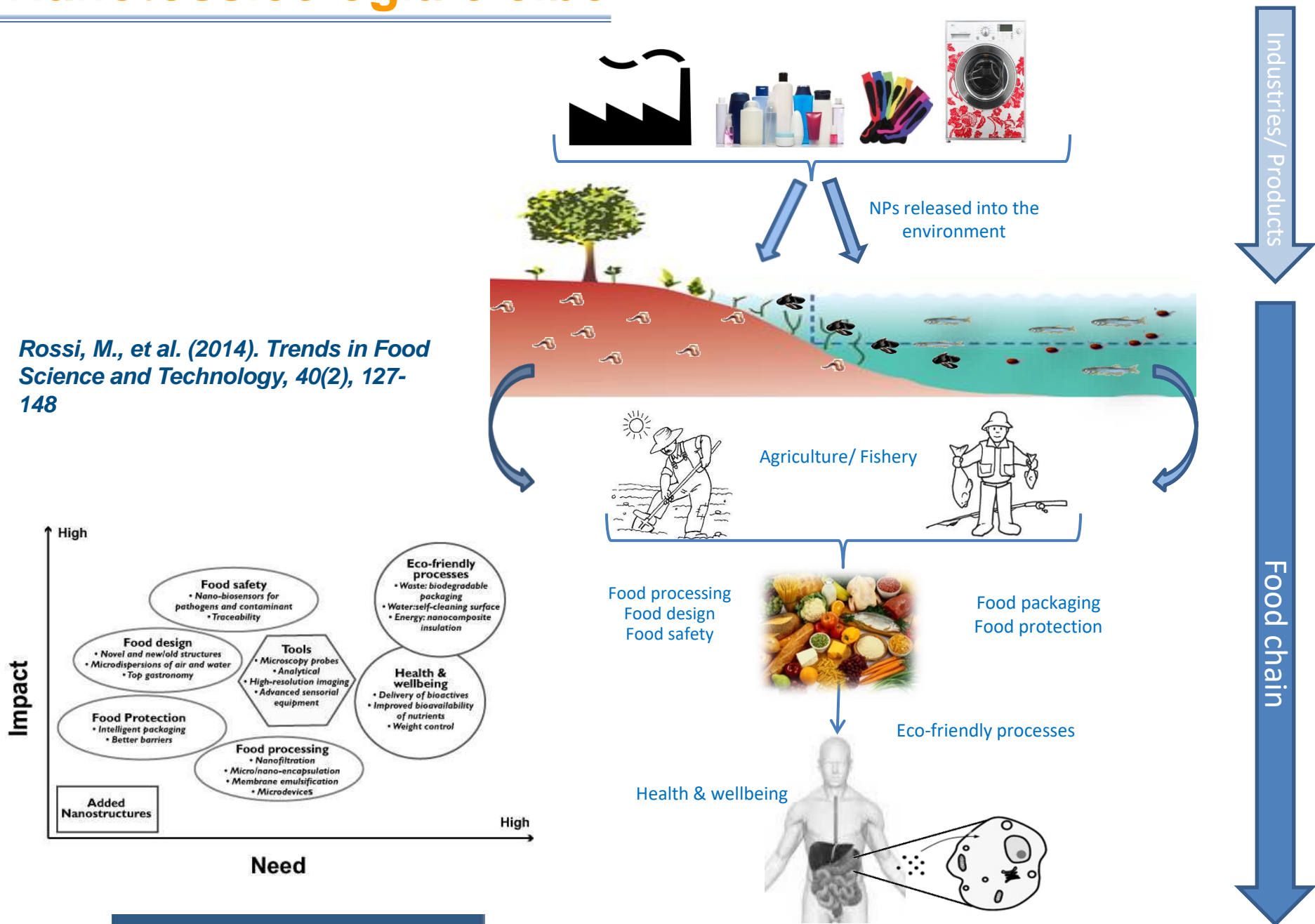
Nanotossicologia

Impatto dei nanomateriali



Nanotossicologia e cibo

Rossi, M., et al. (2014). Trends in Food Science and Technology, 40(2), 127-148



Da scoperta rivoluzionaria a grande problema ecologico, è questo il balzo che ha compiuto la plastica negli anni.

Corretta e salutare gestione dello smaltimento.

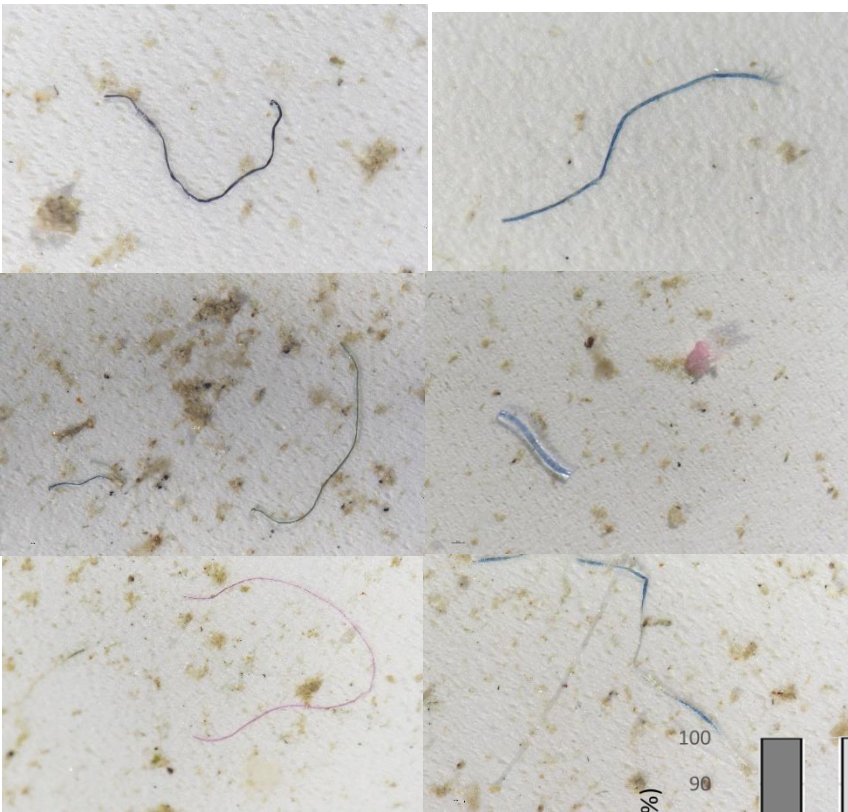
Gli **effetti** non sono solo macroscopici, ma **vanno ben in profondità**. Negli oceani, nei terreni, **fin dentro il nostro organismo**, proprio tramite le microplastiche.

A oggi, **quasi tutti i manufatti e i prodotti di largo consumo** sono, in parte o nella loro totalità, **sintetici**.

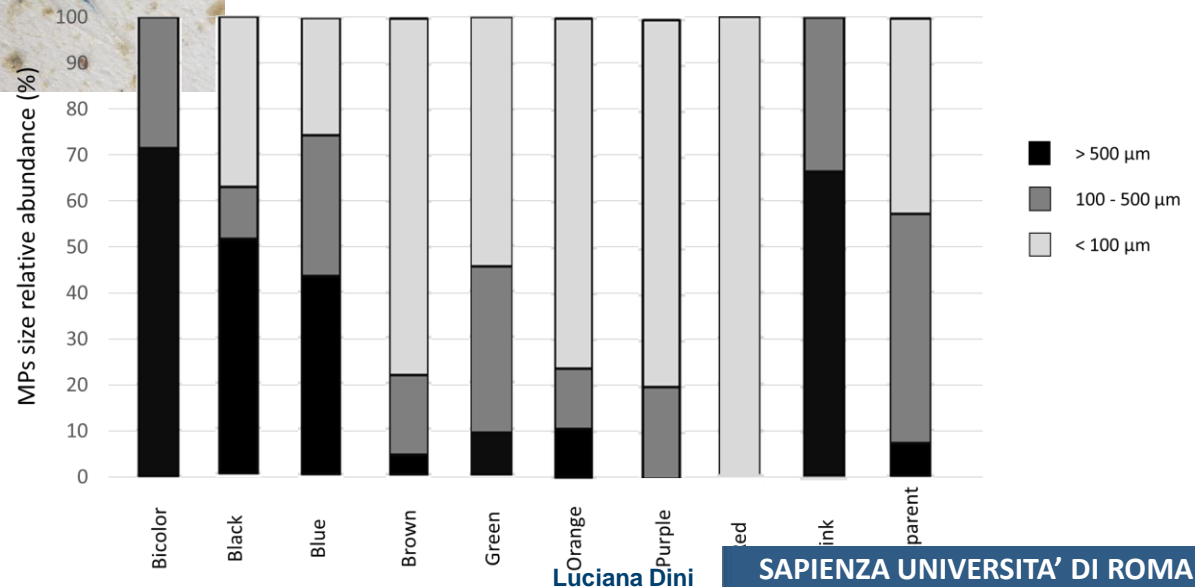
La plastica **non è stata pensata per essere degradabile o biodegradabile**. Il suo uso quotidiano e l'abbandono in natura producono una lenta frantumazione che dà luogo, appunto, alle microplastiche.

Cosa sono, quindi, le microplastiche? Particelle di origine plastica, di piccole dimensioni, in particolare comprese **tra il millimetro e il nanometro**. Non potendo essere riassorbite in modo naturale dall'ambiente, tendono ad accumularsi, portando numerosi effetti sull'ecosistema.

Nano Microplastiche



Relative abundance of microplastics detected on a glass microfibre filter after filtration of 2 liters of sea water taken from the sea of Santa Caterina, marina di Nardò (Lecce) and classified according to color and size.



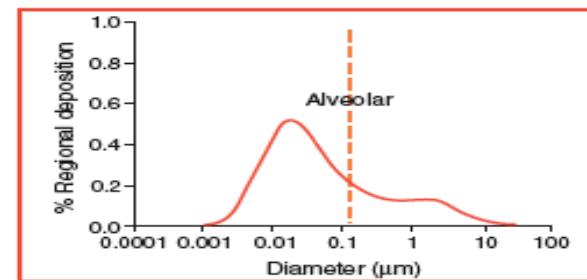
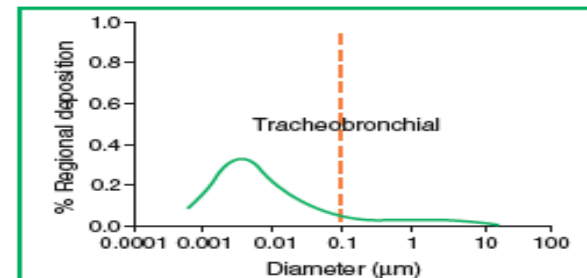
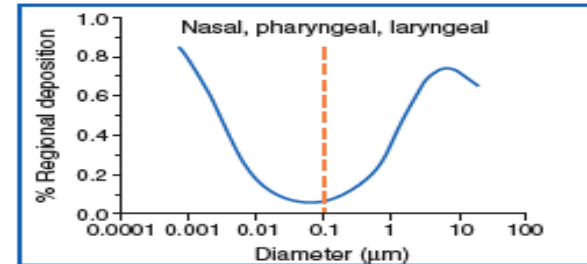
Caratteristiche fisico-chimiche rilevanti nell'interazione con i sistemi biologici

- ✓ Dimensione/distribuzione dimensionale
- ✓ Stato di aggregazione/agglomerazione
- ✓ Area di superficie
- ✓ Forma
- ✓ Fase cristallina
- ✓ Chimica di superficie: composizione chimica, siti reattivi, proprietà fotocatalitiche, “coating”, solubilità

Rilevanza tossicologica della Dimensione/ Distribuzione Dimensionale

- ✓ **Dimensione**
- ✓ **deposizione** nel tratto respiratorio
- ✓ **passaggio** attraverso le barriere biologiche
- ✓ **uptake e passaggio** nelle strutture subcellulari

- ✓ **Dati discordanti** sulla relazione
dimensione - effetti biologici



Oberdörster et al./ Environ. Health Perspec.
113 (2005), 823-838

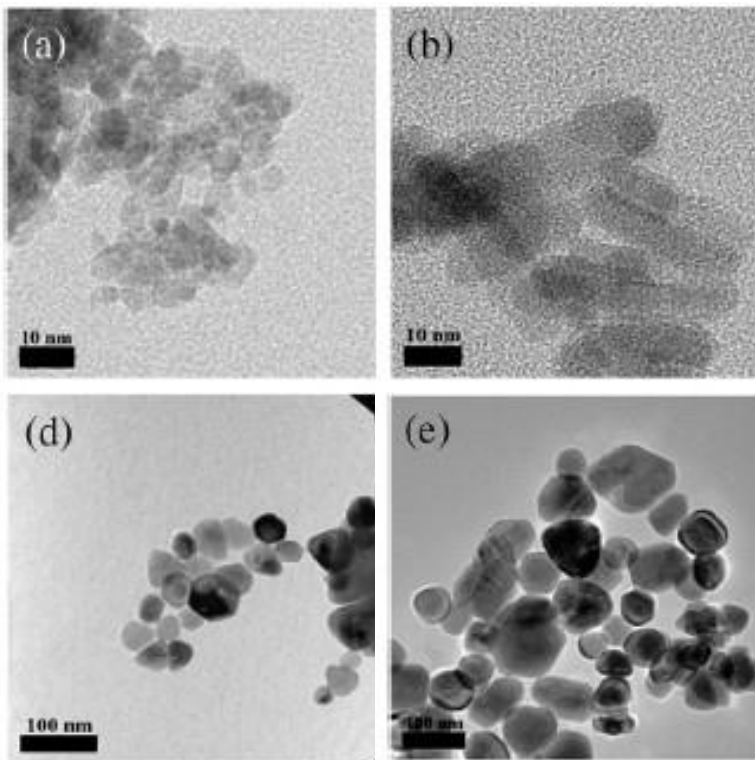
Questioni aperte

Definire gli **effetti biologici** delle nanoparticelle **nel tempo**



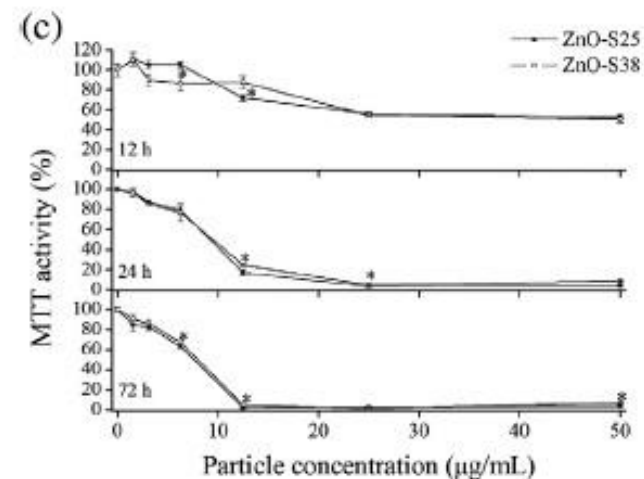
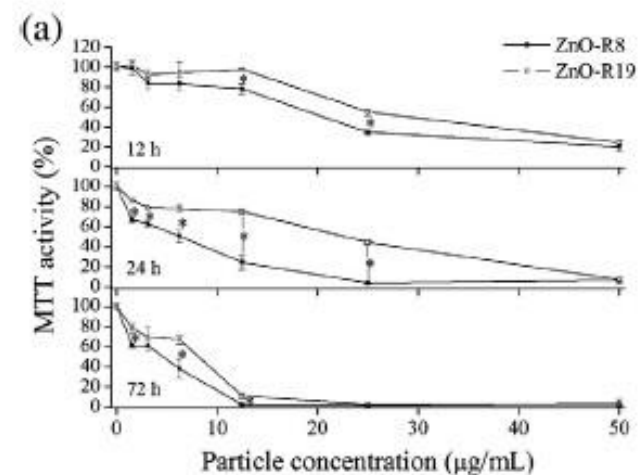
- ✓ Per verificare la **biocompatibilità** su uomo ed ambiente
- ✓ Per sfruttare le **proprietà delle nanoparticelle** ed allargare i **campi di applicazione**

Rilevanza tossicologica delle dimensioni



Immagini TEM di ZnO NPs: (a) R8 nanorods, (b) R19 nanorods (d) S25 spheres-like, (e) S38 spheres-like

Sample	Size distribution ^a (nm)	Average grain size ^b (nm)
<i>Synthesized nanopowder</i>		
ZnO-R8	5–16	$D \times L^d = 6 \times 8$
ZnO-R19	16–48	$D \times L = 7 \times 19$
ZnO-S25	36–68	25
ZnO-S38	50–122	38



Citiossicità dimensione-dipendente delle ZnONPs in cellule polmonari epiteliali umane. (a) ZnO nanorods (b) ZnO spheres-like

Rilevanza tossicologica dell'area di superficie

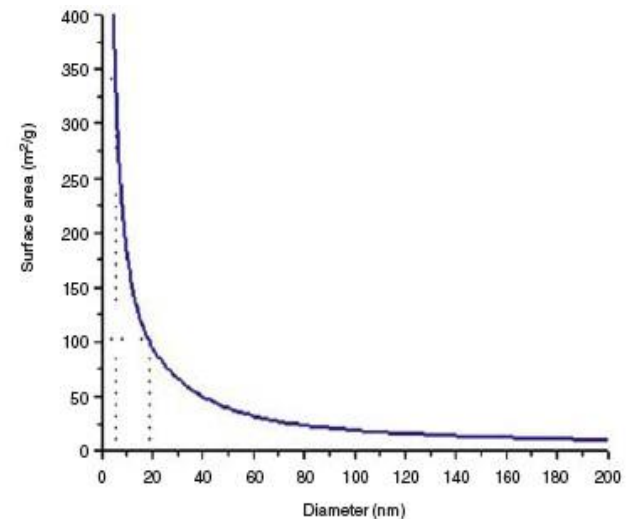
La **superficie** delle particelle rappresenta la struttura chimica con cui interagiscono i sistemi biologici.

Al **diminuire della dimensione** delle particelle **cresce esponenzialmente l'area superficiale**, aumenta quindi l'area della superficie dei NM a contatto con le cellule e la loro potenziale **tossicità**.

Il ruolo di tale caratteristica fisica nella potenziale tossicità dei NM è oggetto di **controversie**.

Studi *in vivo* per instillazione intratracheale di NM hanno mostrato che essa rappresenta la **metrica più appropriata per esprimere la dose**.

diametro	area di superficie/ml ($\mu\text{m}^2/\text{ml}$)
2 μm	30
20 nm	3000



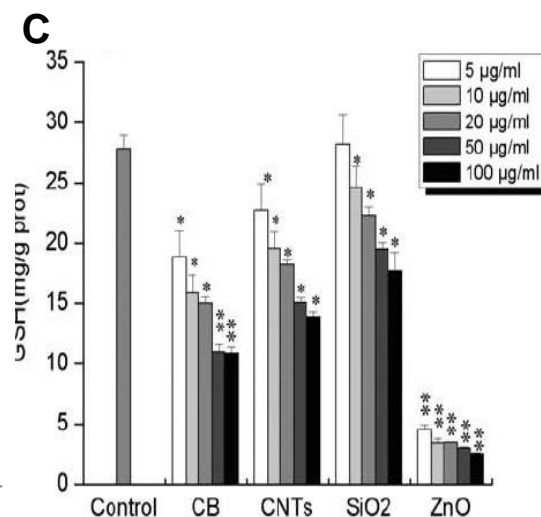
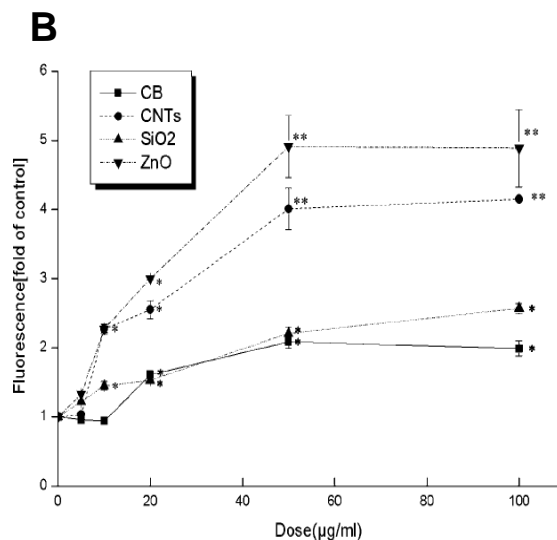
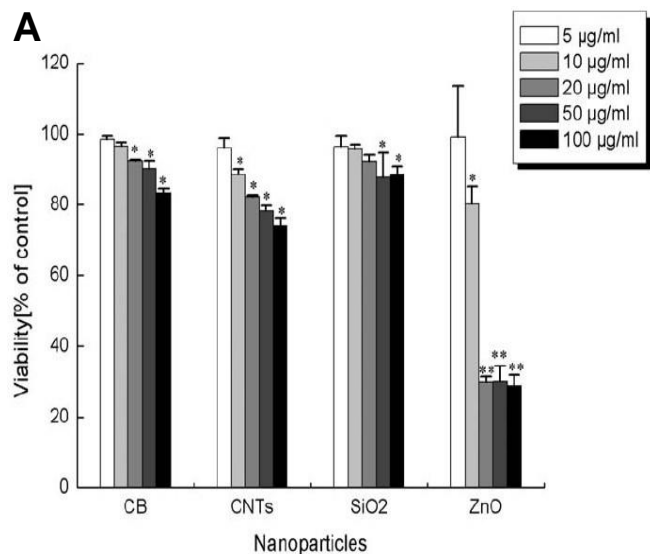
Relazione teorica tra diametro ed area di superficie di una particella avente densità di $3,8 \text{ g/cm}^3$
(Fubini et al, Nanotoxicology 2010, 1-17)

Rilevanza tossicologica della dose

Table 1. Characterization on particle parameters of four typical nanomaterials

Particles	Supplier	Size	Shape	Composition
CB	Nano-Innovation Co. Ltd, Shenzhen	12.3 ± 4.1 nm	Sphere	C > 99.4%
CNTs	COCC, Chinese Academy of Science, Chengdu	diameters: 8 nm Length: <5 µm	Rope-shaped	C > 99.99%
SiO ₂	Runhe Co. Ltd, Shanghai	20.2 ± 6.4 nm	Crystal structure	SiO ₂ > 99.0%
ZnO	Nanuo Co. Ltd, Shenzhen	19.6 ± 5.8 nm	Crystal structure	ZnO > 99.9%

Yang H et al, 2009. *J.Appl.Toxicol* 29: 69-78

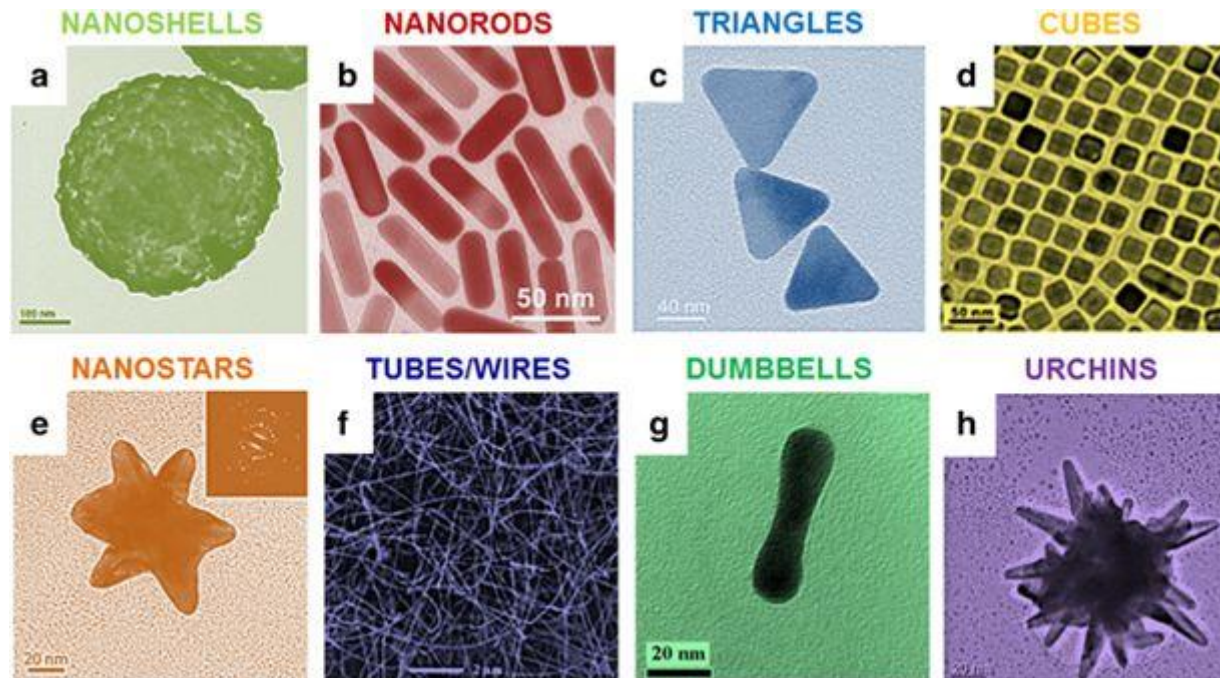


A) Vitalità di cellule PMEF esposte per 24h a diverse dosi e tipi di nanoparticelle

B) Produzione di ROS

C) Stress ossidativo

Rilevanza tossicologica della forma



La forma di un materiale può essere definita da una serie di termini adimensionali

Aspect ratio: lunghezza/larghezza

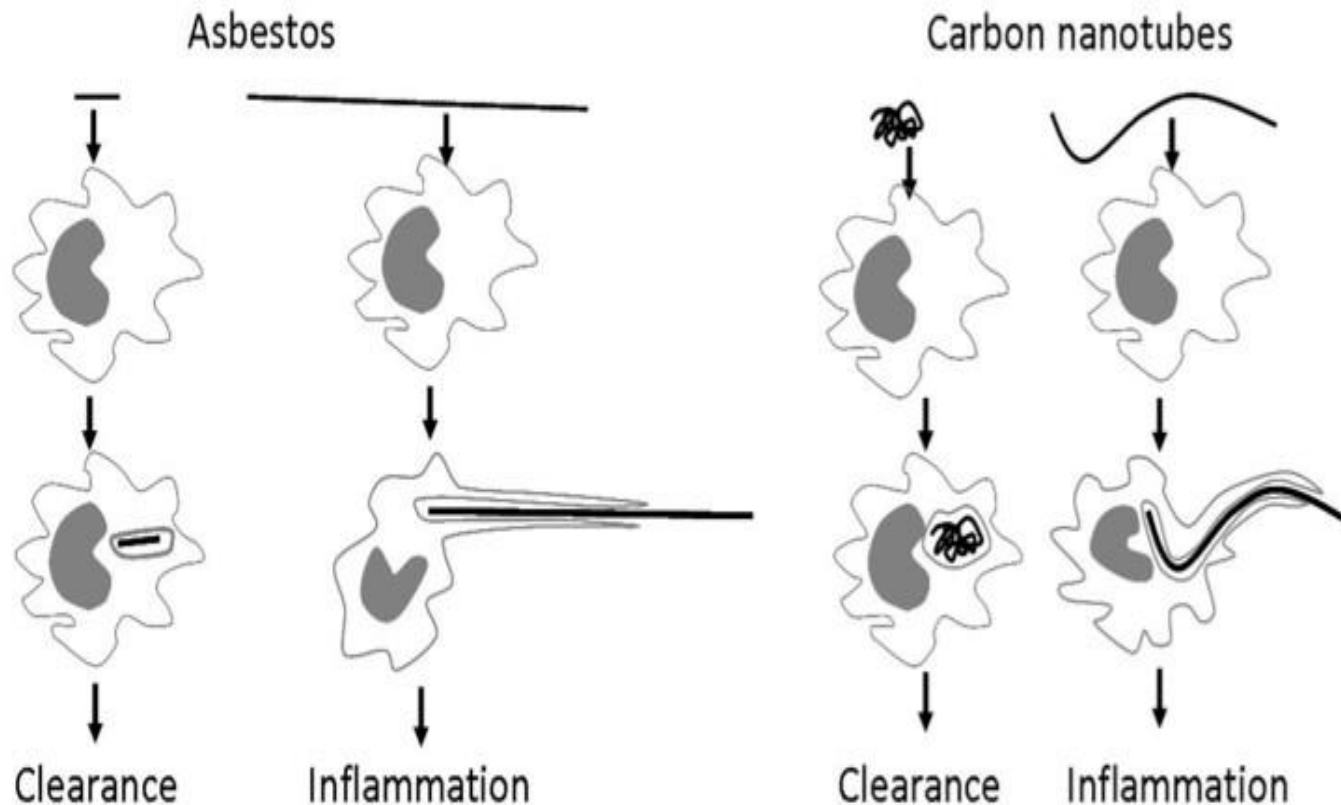
Sphericity: superficie di una sfera equivalente/ superficie del materiale

Rugosity: perimetro del materiale/ circonferenza del cerchio circoscritto

L'aspect ratio rappresenta un parametro morfologico importante nella valutazione degli effetti sulla salute dei nanomateriali che hanno rapporto lunghezza/diametro tale da poter essere considerati fibre (es. nanotubi di carbonio)

Rilevanza tossicologica della forma

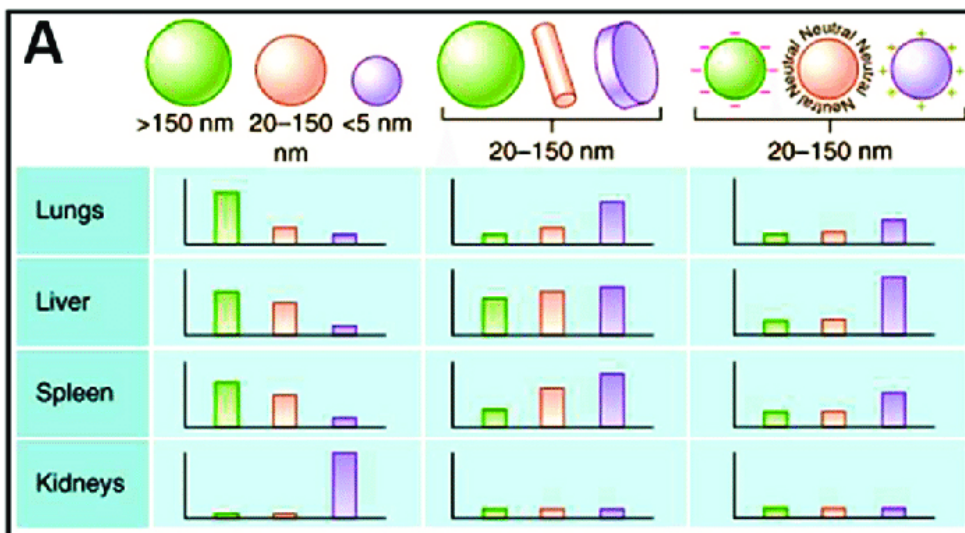
Studi recenti hanno mostrato che la **forma delle nanoparticelle** (sferule o rods) regola l'**interazione particella/cellula** (uptake e citotossicità)



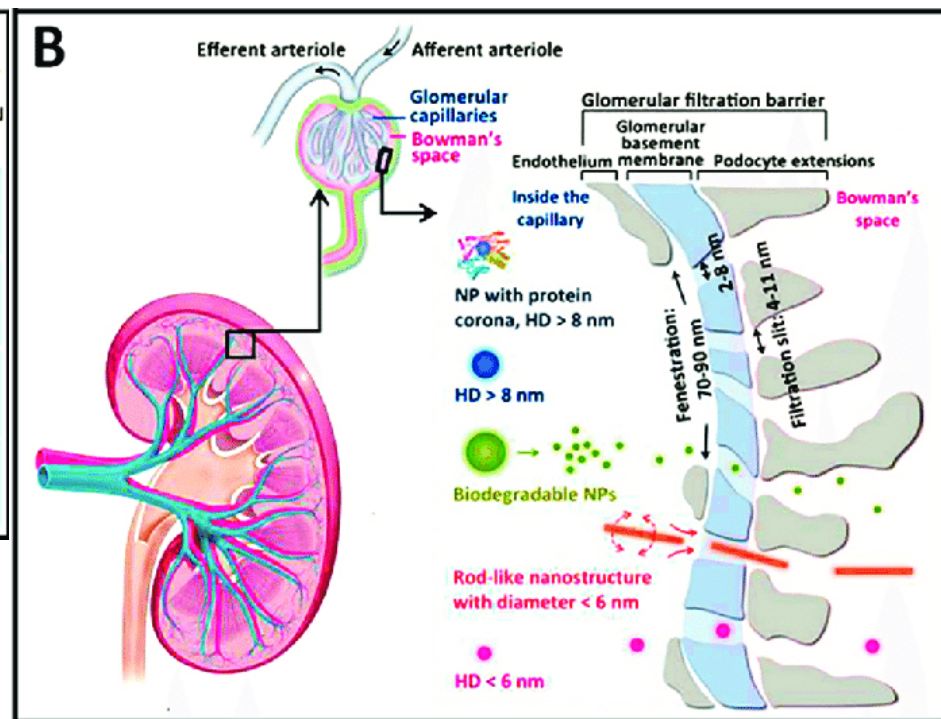
Donaldson et al. *Particle and Fiber Toxicology* 2010, 7:5

Rilevanza tossicologica della forma

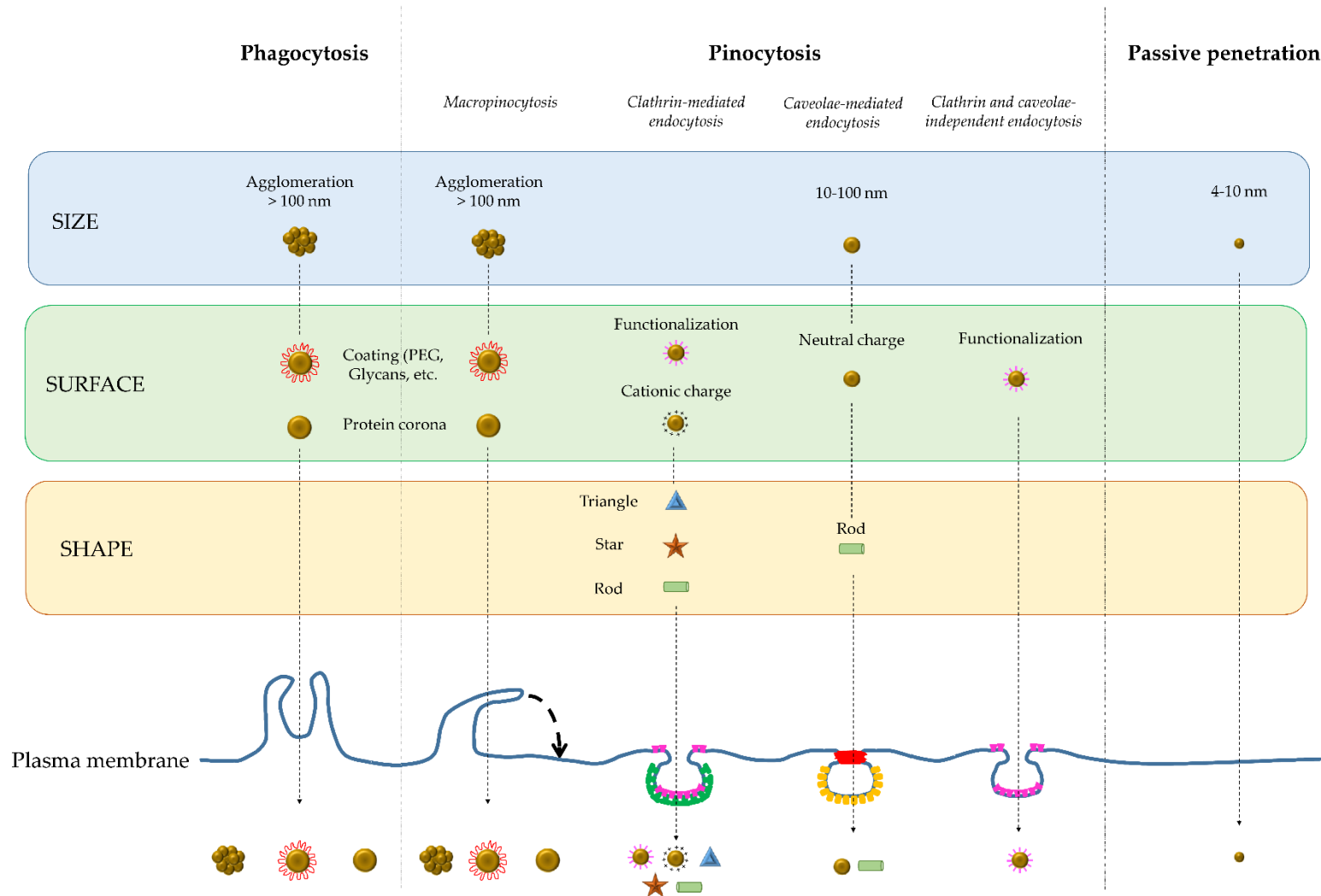
Biodistribuzione in vivo di NPs in base a forma e dimensioni



Cassano et al, 2017. *Bioconjugate Chemistry* 29(1): 4-16



Relazione forma-uptake

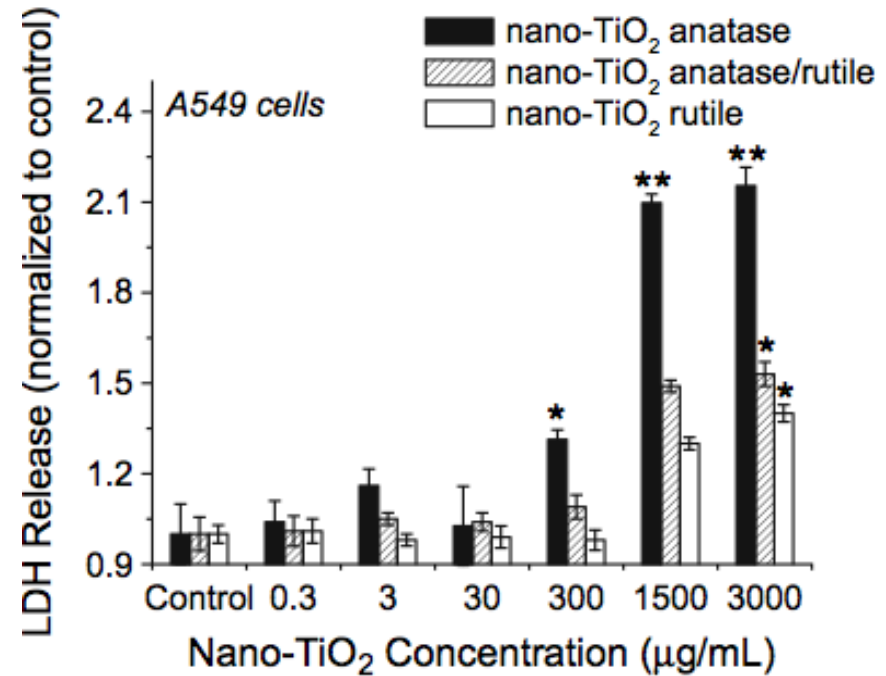


Panzarini et al. *Int. J. Mol. Sci.* 2018, 19, 1305

Rilevanza tossicologica della fase cristallina

Il biossido di Titanio è stato considerato un materiale inerte ed usato come controllo negativo negli studi di tossicità a livello polmonare. Può essere sintetizzato in maniera tale da presentare una specifica fase cristallina (rutile, anatasio) oppure fasi cristalline multiple (anatasio/rutile)

Sayes CM, Wahi R, et al. Toxicol Sci. 2006, 92(1), 174-85



Correlazione tra struttura su nanoscala del titanio e tossicità in fibroblasti umani e cellule epiteliali polmonari

Rilevanza tossicologica della chimica di superficie

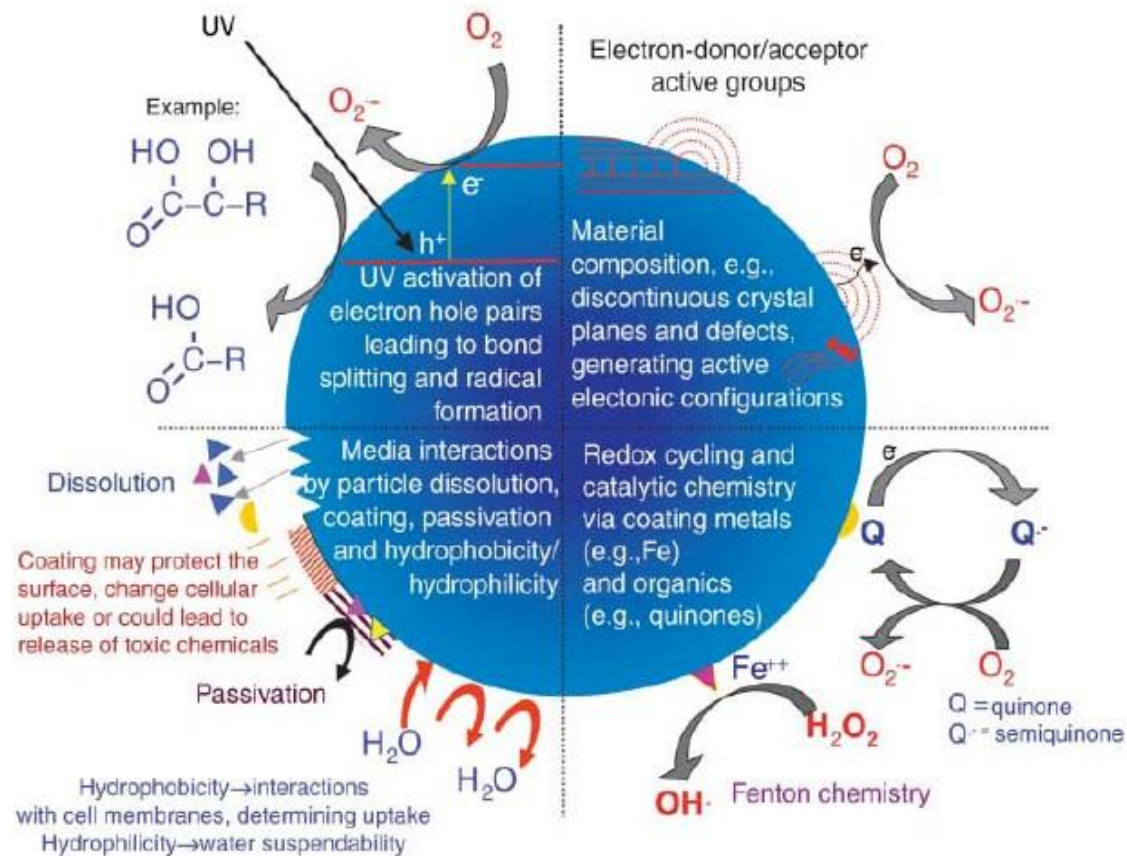
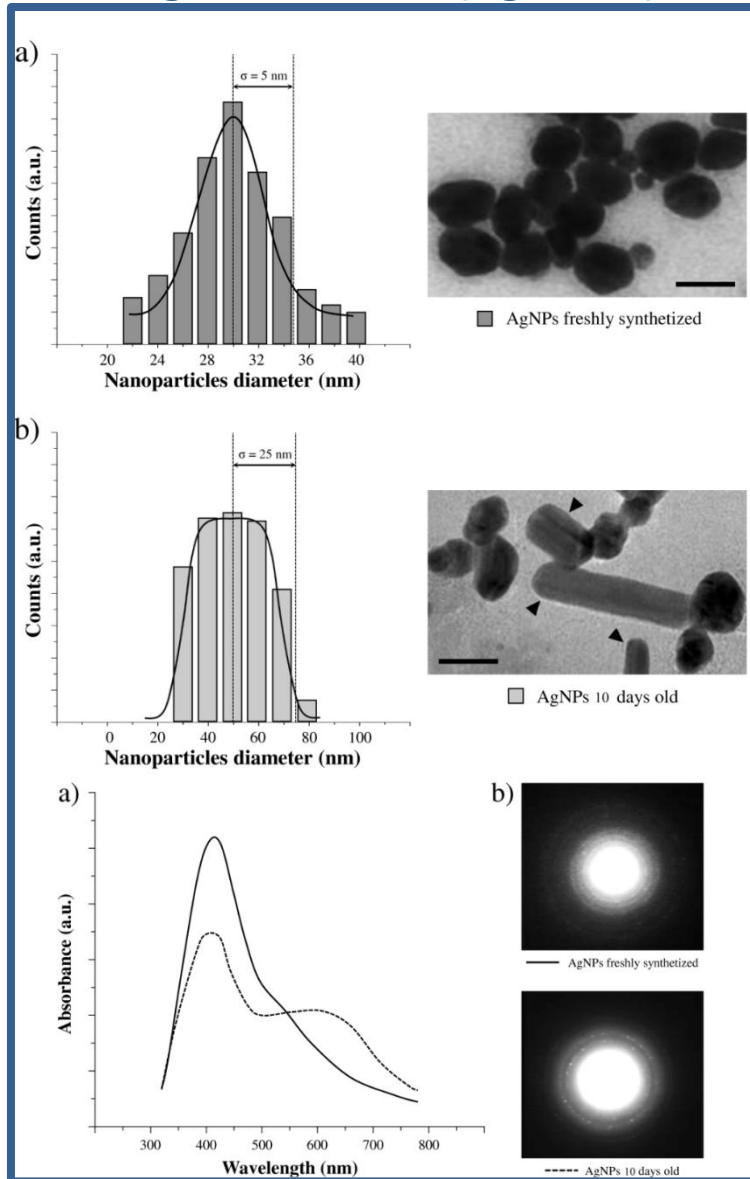


Fig. 2. Possible mechanisms by which nanomaterials interact with biological tissue. Examples illustrate the importance of material composition, electronic structure, bonded surface species (e.g., metal-containing), surface coatings (active or passive), and solubility, including the contribution of surface species and coatings and interactions with other environmental factors (e.g., UV activation).

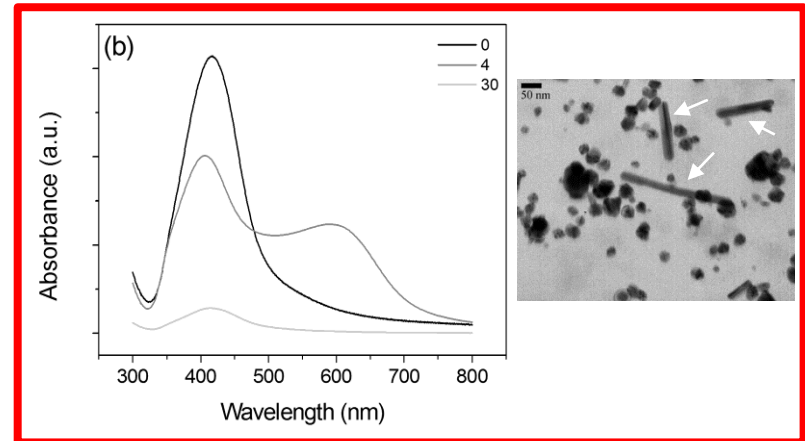
Nel A. et al., 2006. Science 311, 622-627

Rilevanza tossicologica del rivestimento di superficie

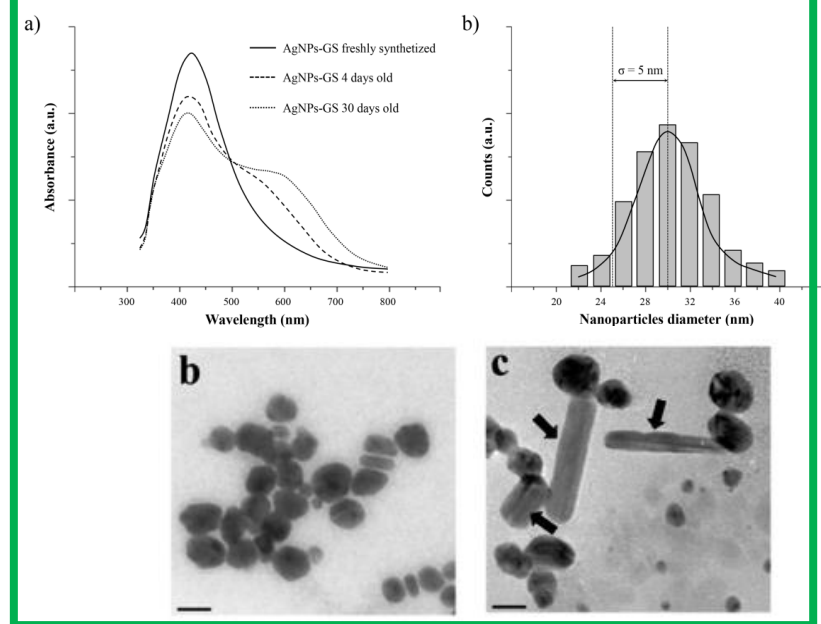
AgNPs-Glucosio (AgNPs-G)



AgNPs-Fruttosio (AgNPs-F)



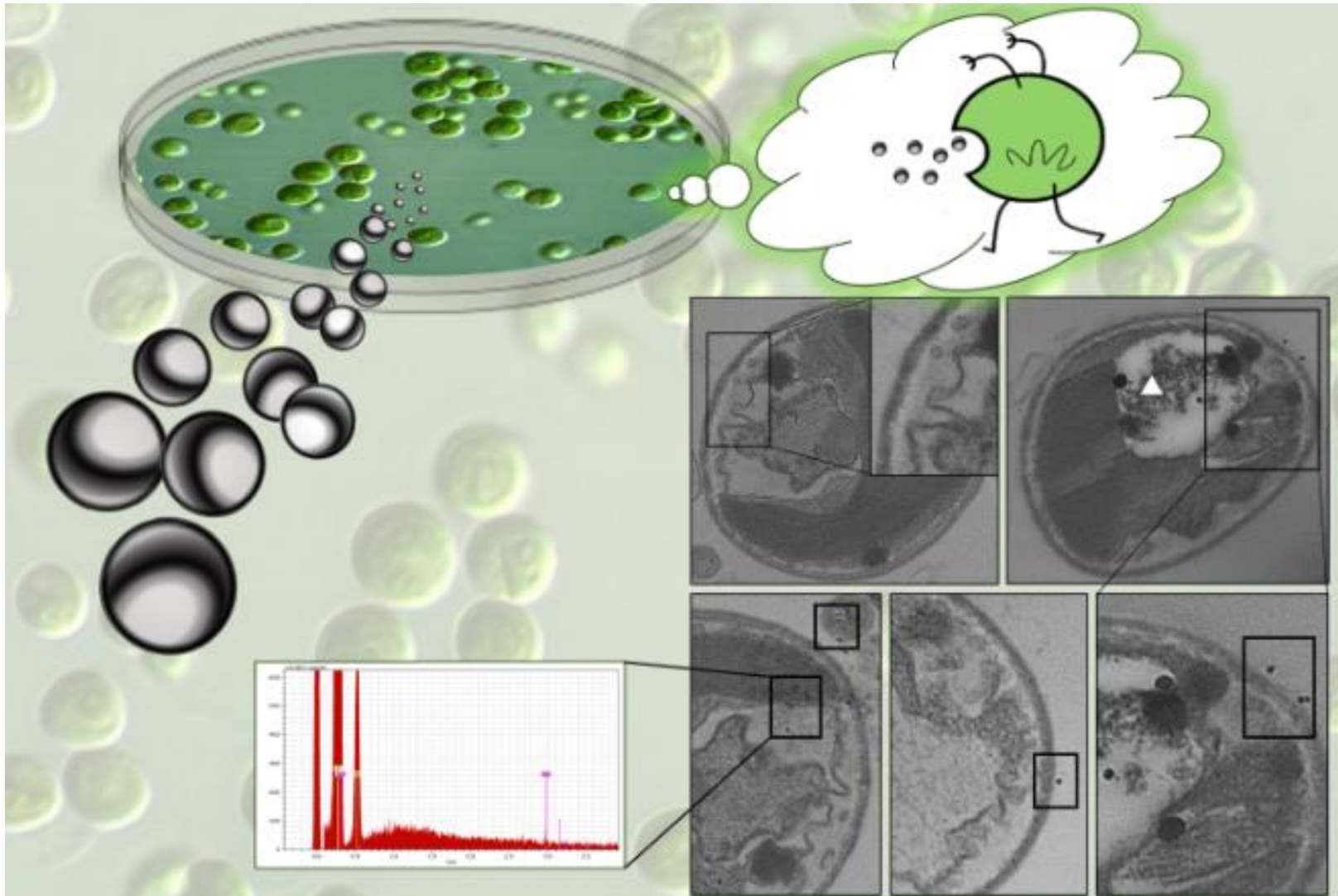
AgNPs-Glucosio-saccarosio (AgNPs-GS)



Stabilità delle AgNPs:

AgNPs-G > AgNPs-GS > AgNPs-F

Bioaccumulation and biotransformation

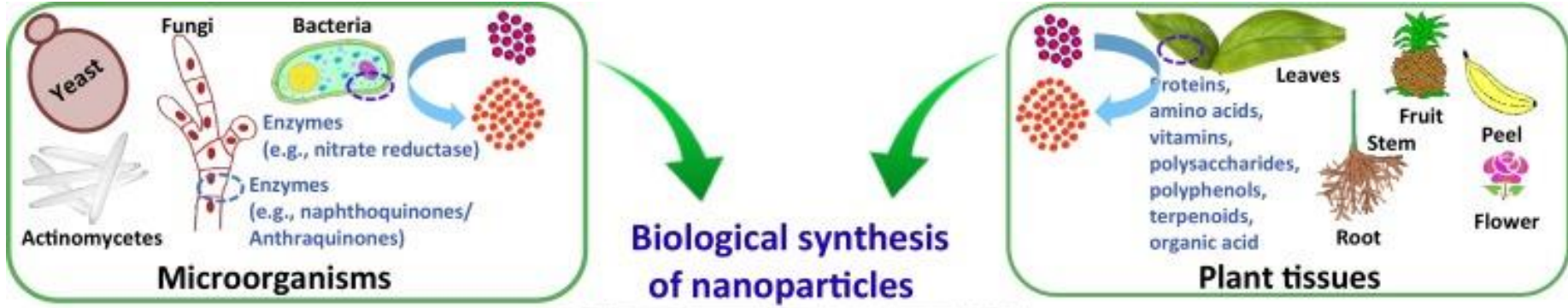


Toxicity, Bioaccumulation and Biotransformation of Glucose-Capped Silver Nanoparticles in Green Microalgae *Chlorella vulgaris*

Conclusioni

- ✓ **Nessuna chiara e netta identificazione** delle caratteristiche fisico-chimiche coinvolte nei **meccanismi di tossicità** indotti da alcuni nanomateriali
- ✓ Allo stato attuale delle conoscenze lo **studio** della relazione tra le **caratteristiche fisico-chimiche** e **proprietà tossicologiche** dei nanomateriali richiede un approccio **caso per caso**
- ✓ Sono necessari nanomateriali di riferimento con precise caratteristiche fisico-chimiche, modificate in maniera controllata in modo da comprendere meglio il ruolo della forma e della chimica di superficie

Soluzione rischi: Sintesi green



- Metal salts
- Metal nanoparticles (NPs)

Applications

Antimicrobial, antipathogen, mosquitocidal uses

Cosmetics and medical appliances

Photoimaging

Photothermal therapy

Magnetically responsive drug delivery

Various types of human cancer

Nanosensors detect biomolecules, environmental factors

Cell labelling

Gene delivery

- Most applicable area
- - -** Second most-applicable area
-** Applications under clinical trial

Colmare le lacune della conoscenza

Si prevede che le nanotecnologie diventeranno un importante fattore di traino economico negli anni a venire, dato che consentiranno ai produttori di migliorare le prestazioni dei loro prodotti e processi.

Migliore valutazione dei rischi

Le associazioni ambientaliste e dei consumatori hanno chiesto, insieme, di dare maggiore enfasi alla valutazione dei rischi.

Garantire nanotecnologie sicure e sostenibili

Gruppo ricerca
Nanotecnologie chimiche
Disteba
Università del Salento
Lecce



CNR Nanotec Lecce

Gruppo di Ricerca:
Biologia Comparata,
Cellulare e dello Sviluppo
DBBCD
Sapienza Università di Roma

