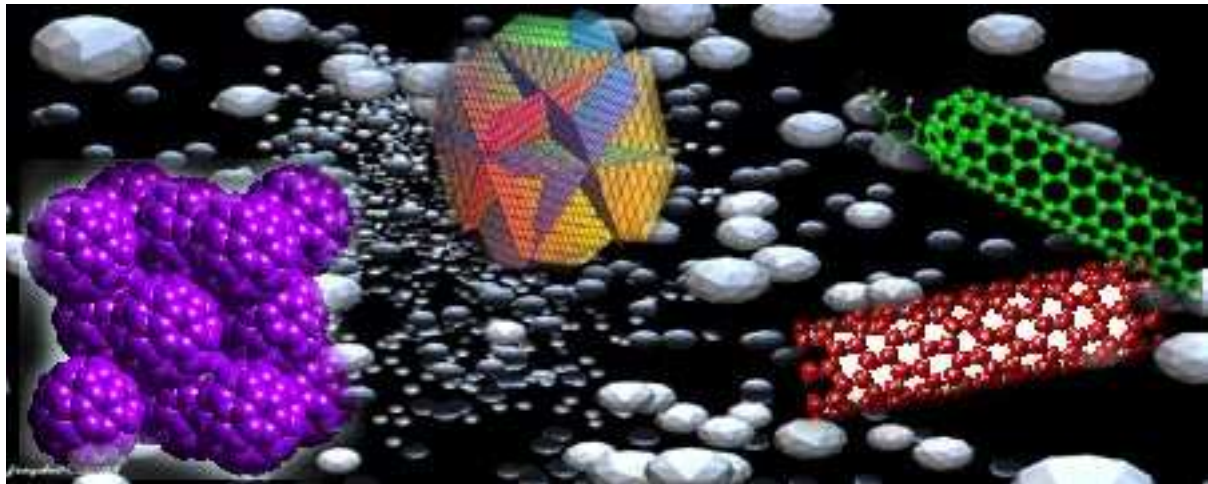


LE NANOMOLECOLE



*Tutti sono convinti che una cosa sia impossibile,
finche' arriva uno sprovveduto che non lo sa e la realizza. (Albert Einstein)*

di
Donata Allegri

www.ilcrocevia.net/innovazioni

Marzo 2004

Le Nanomolecole – Donata Allegri – Marzo 2004



Artisti quattrocenteschi come Piero della Francesca e Leonardo da Vinci rappresentarono per primi, nelle loro opere, cupole geodetiche che sono le forme più grandi, robuste e leggere che mai si siano librate nello spazio.



Per ritrovare studiate e rappresentate queste forme bisogna arrivare ai giorni nostri. R. Buckminster Fuller (1895-1985) fu un originale e geniale ingegnere e architetto americano conosciuto per la realizzazione delle sue celebri "Cupole geodetiche" che costruì ispirandosi al lavoro del celebre matematico Harold Scott MacDonald Coxeter



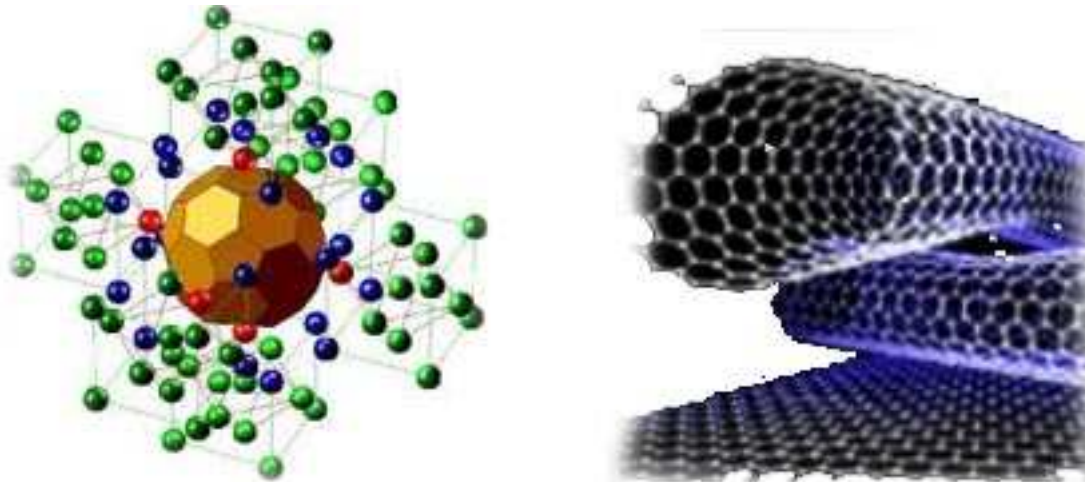
La scoperta della buckyball è indissolubilmente legata al nome di Harry Kroto, e la possibilità di generare tali molecole in laboratorio si aprì attraverso la collaborazione di Kroto con Robert Curl, spettroscopista che lavorava alla Rice University di Houston e con Richard Smalley della Rice University. Nel 1985 i tre ricercatori studiarono gli spettri di massa di vapori di carbonio ottenuti da cristalli di grafite con laser ad alta energia. Con sorpresa furono osservati picchi di massa da attribuirsi a varie specie di carbonio in fase vapore; la più abbondante tra queste specie era un cluster costituito da 60 atomi di carbonio. Nel 1996 il gruppo di Smalley ha ricevuto il premio Nobel per la Chimica per questa scoperta.

Dato che la struttura di questa molecola assomiglia alle abitazioni a forma di cupola geodetica ideate da R. Buckminster Fuller, detto Bucky, a queste molecole fu dato il nome di Fullereni, o Buckyball in suo onore.

Si tratta di una nuova forma di cristallizzazione del carbonio, sfere vuote, diametro 7.1 Å, ciascuna con 60 atomi di carbonio alla superficie, posizionate in modo da formare degli esagoni e dei pentagoni. La buckyball, denominata anche C_{60} , è costituita da 60 atomi di carbonio triconnesso disposti in 20 esagoni e 12 pentagoni, un po' come un pallone.

C_{60} è stato scoperto durante esperimenti concepiti per indagare sulla chimica del carbonio nell'atmosfera delle stelle giganti rosse.

La scoperta delle molecole C_{60} ha destato molto interesse nella comunità scientifica, soprattutto per via della sua grande stabilità, simmetria, e della sua capacità di organizzarsi in superstrutture. Inoltre questi super-cristalli molecolari, sono debolmente interagenti fra loro, proprio come i piani nei cristalli di grafite, e questo modifica le loro proprietà elettriche complessive, rendendoli superconduttori ad una temperatura maggiore (fra i 30 e i 40 kelvin) rispetto ad altri materiali (invece dei normali 23°k).



Assieme a C_{60} , sono stati prodotti nuovi fullereni (più grandi o più piccoli del C_{60} come il C_{70} o il C_{36} , C_{76} , C_{78} , C_{84}).

Sorprende il fatto che fino al 1985 si conoscevano solo due forme cristalline del carbonio, il diamante e la grafite e si è dovuto aspettare la fine del XX secolo per scoprirne la terza forma. È ancora più sorprendente se si pensa che era da sempre sotto i nostri occhi: infatti la molecola nasce nella fuliggine di una fiamma. Potremmo dire che tutti l'hanno creata, perfino i nostri antenati più lontani; è stata addirittura prodotta e ignorata durante ricerche decennali sui processi di combustione.

Oggi si sentono spesso i termini nanoscienze e nanotecnologie ma che cosa vogliono dire?

I termini nanoscienze e nanotecnologie indicano la capacità di studiare, assemblare, manipolare e caratterizzare la materia a livello di dimensioni comprese tra 100 ed 1 nanometri. Ciò significa operare a livello molecolare dal momento che 1 nanometro (nm) è un milionesimo di millimetro e corrisponde all'incirca a 10 volte la grandezza dell'atomo dell'idrogeno. Le dimensioni di una piccola molecola sono intorno ad 1 nm e quelle di una proteina intorno a 10 nm.

In particolare le nanoscienze costituiscono il punto di incontro di discipline diverse che vanno dalla fisica quantistica, alla chimica supramolecolare, dalla scienza dei materiali, alla biologia molecolare.

Mentre le nanotecnologie, sfruttano e ad applicano i metodi delle nanoscienze per la creazione e utilizzazione di materiali, dispositivi e sistemi con dimensioni a livello molecolare.

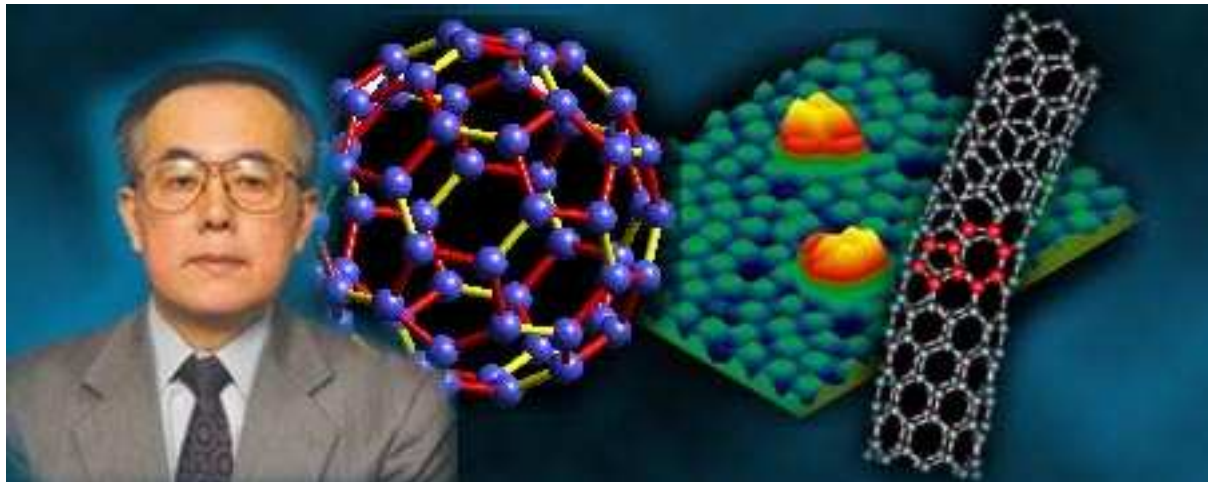
Pertanto anche le nanotecnologie utilizzano un insieme di tecnologie, tecniche e processi che richiedono un approccio multidisciplinare, e non una sola specifica area scientifica o dell'ingegneria.

Sia il diamante che la grafite consistono interamente di atomi di carbonio, ma differiscono grandemente per struttura e proprietà fisiche. Il diamante deve la sua durezza al fatto che ciascun atomo di carbonio si lega ad altri quattro atomi, in una struttura a tetraedri. La grafite, che troviamo nelle comuni matite, è formata invece da atomi di carbonio disposti in strati a nido d'ape (cioè di forma esagonale) in cui ciascun atomo forma legami forti con altri tre sullo stesso piano. I singoli strati sono molto stabili e duri ma si legano tra loro solo

Le Nanomolecole – Donata Allegri – Marzo 2004

debolmente e questo spiega come funziona la grafite usata nelle matite: quando si scrive, si fanno scorrere i piani tra loro rompendo il debole legame che li unisce.

Se immaginiamo di avvolgere la struttura a nido d'ape di un piano otteniamo un tubo di grafite, detto anche nanotubo di carbonio



I nanotubi, osservati per la prima volta nel 1991 dal Dr. Iijima, mentre stava studiando materiale contenente buckyballs, sono 100 volte piú forti dell'acciaio, 2 volte piú leggeri dell'alluminio, possono essere piegati a grandi angoli e poi raddrizzati senza danno sono così sottili che una singola fibra lunga ben quattrocento mila chilometri si potrebbe, diciamo così, impacchettare in un cubetto di poco meno di due centimetri di lato.

Un cubetto di carbonio poco piú grande di un dado da gioco potrebbe contenere un numero immenso di contatti, di allacciamenti e di interconnessioni elettroniche, cosa che non è nemmeno immaginabile con i componenti di silicio.

le caratteristiche del Nanotubo sono:

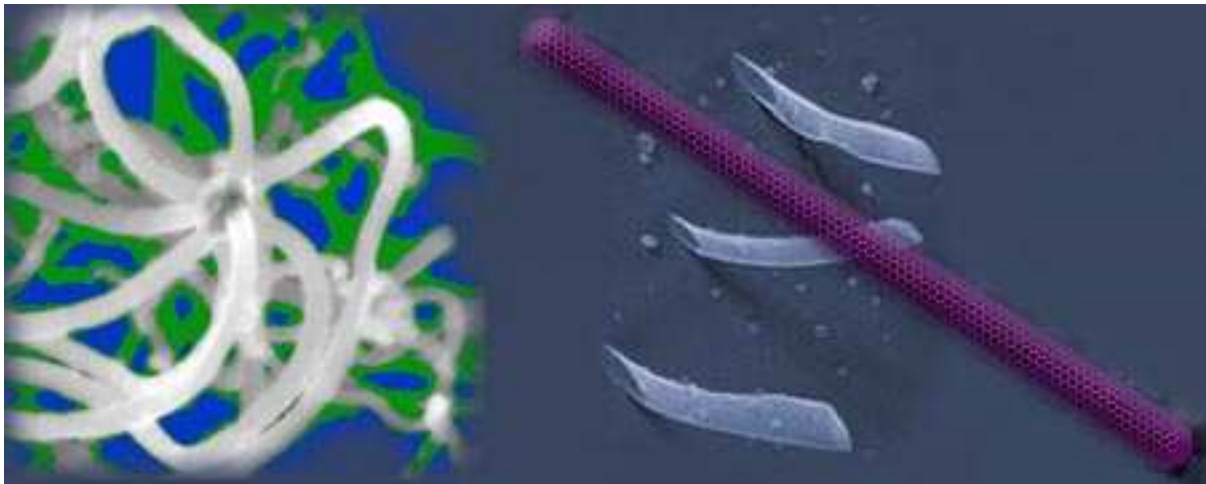
- Dimensioni: da 0,6 a 1,8 nanometri
- Resistenza alla trazione: 45 miliardi di pascal (le migliori leghe arrivano a 2 Miliardi)
- Capacità di trasporto della corrente: 1 Miliardo di ampere per centimetro quadrato (contro 1 Milione del rame)
- Trasmissione del calore: 6000Watt per metro per kelvin (il diamante trasmette 3320W.m.k)
- Emissione di campo: sono in grado di attivare fosfori da 1 a 3 volt per micrometro (una punta al molibdeno richiede da 50 a 100 volt).
- Densità: da 1,3 a 1,4 gr/cm³ (l'alluminio ha una densità pari a 2,7 gr/cm³).
- Stabilità: fino a 2800° C nel vuoto (i microchip fondono fra i 600° e i 1000° C).
- Costi: 1500 \$ al grammo alla Bucky USA di Huston (l'oro costa circa 10 & al grammo).

Le Nanomolecole – Donata Allegri – Marzo 2004

I primi nanotubi scoperti erano essenzialmente costituiti da strati arrotolati di grafite multipli concentrici, con un numero variabile di strati grafitici. Di recente sono stati trovati nanotubi a parete singola. I tubi sono chiusi da entrambe le estremità da anelli a cinque membri, possono essere aperti alle estremità per ossidazione, se scaldati con piombo o bismuto all'aria, e i metalli vengono risucchiati all'interno.

I tubi aperti possono facilmente inglobare molte specie, come AgNO_3 e AuCl_3 da soluzioni acquose concentrate. Oltre ai nanotubi, sono state scoperte anche delle cipolle di carbonio che consistono di gusci chiusi concentrici di grafite.

Anche le cipolle possono essere riempite con metalli.



Esistono anche strutture compatte che hanno cavità ottaedriche e tetraedriche, e in C_{60} questi siti possono essere occupati dai cationi alcalini di maggiori dimensioni a dare materiali noti come fulleruri.

In relazione al modo in cui vengono formati, possono comportarsi da semiconduttori (come il silicio nei chip dei computer, in cui gli elettroni hanno un movimento limitato) o da metallo (come il rame usato nei fili elettrici, in cui gli elettroni possono muoversi liberamente).

Le buckyballs si formano quando il carbonio è vaporizzato, mescolato con un gas inerte e poi fatto condensare lentamente. La presenza di un catalizzatore metallico fa allungare le Buckyballs, causando la formazione di nanotubi a singola parete (SWNT), i più interessanti per le future applicazioni a causa della loro maggior stabilità e assenza di difetti.

I nanotubi si possono creare in tre modi diversi:

- Pulsed Laser Vaporization (PLV)
- Arc Discharge (AD)
- Chemical Vapor Deposition (CVD)

Nel primo caso i nano tubi si ottengono dalla vaporizzazione di un bersaglio di grafite

Le Nanomolecole – Donata Allegri – Marzo 2004

tramite intensi impulsi laser, se viene usata grafite contenente l'1% di cobalto e l'1% di nichel e viene adoperata una piccola fornace pressurizzata con gas argo a 500 Torr e riscaldato a 1200°C, si riesce ad ottenere del materiale condensato alla velocità di quasi mezzo grammo l'ora.

Usando questo sistema si ottiene fino al 70% di nanotubi SWNT quasi tutti completamente identici anche in diametro e torsione, con le stesse caratteristiche elettriche e le stesse proprietà.

Il secondo sistema è stato perfezionato da un gruppo francese dell'Università di Montpellier che ha scoperto l'importanza di usare l'ittrio come catalizzatore, cioè vengono usati due pezzi di grafite contenenti nichel e yttrium in bassa percentuale, posti alla distanza di pochi millimetri

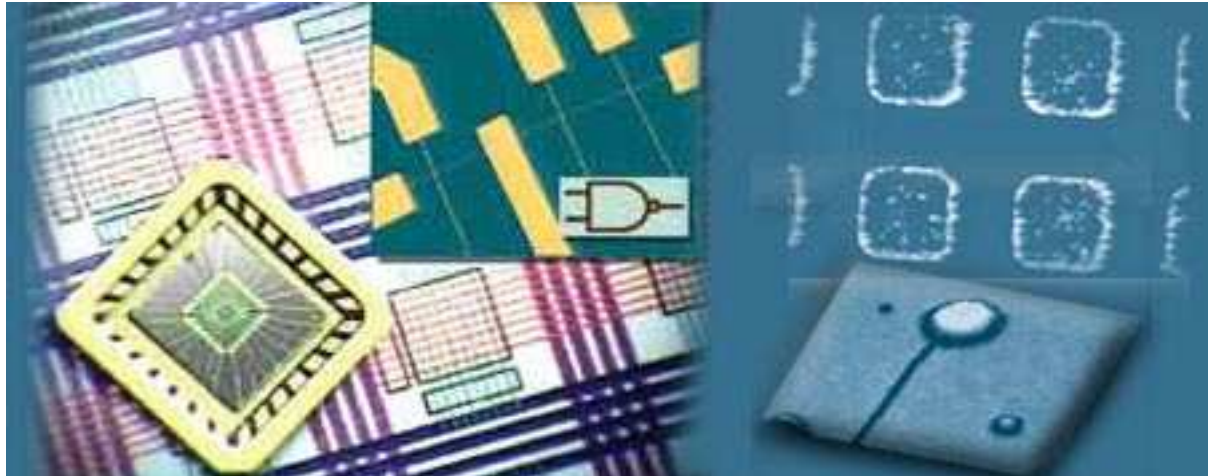
e si fanno passare 100 ampere fra loro. L'energia è sufficiente per vaporizzare l'anodo. Si deve lavorare in una camera stagna a bassa pressione (500 Torr) riempita di elio. Il gas di carbonio che si forma si ricondensa formando nanotubi con una percentuale che può arrivare fino al 30% del peso del materiale. Con questo sistema si ottengono nanotubi molto velocemente ma sono più corti.

Il terzo sistema è adatto a produzioni industriali: si usa un substrato opportuno che viene messo in un forno a 600°C poi si aggiunge lentamente del metano. Man mano che il gas si decompone, libera atomi di carbonio che si ricompongono in forma di nanotubi. La resa varia in funzione del substrato, ma sono già stati studiati elementi che garantiscono una resa vicina al 100% però la qualità è molto scadente, però essendo molto lunghi sono adatti per produrre fibre per capi di abbigliamento e corde, anche questi sono 10 volte più resistenti dell'acciaio.

Il fullerene può essere usato per immagini mediche e per la cura del cancro. Gli anticorpi, legati alla buckyball, possono trasportare gli atomi radioattivi fino alle cellule tumorali da trattare. Per le immagini mediche, al paziente verrà immessa una dose minore di traccianti radioattivi, in quanto, se contenuti all'interno della gabbia di fullerene, si previene che possano interagire con il corpo, in particolare con il sistema immunitario.

Inserendo 3 atomi di metallo nella struttura del fullerene, questo assume proprietà che vanno da quelle magnetiche a quelle di semiconduttore. Si possono inserire metalli con proprietà ottiche come la fluorescenza e si può usare per amplificare le applicazioni delle fibre ottiche. Inserendo atomi radioattivi si può usare la molecola come tracciante in applicazioni mediche, in quanto la gabbia di carbonio protegge il centro radioattivo.

I nanotubi in carbonio si sono rivelati componenti affidabili e necessari per un'ampia varietà di processi e strumentazione elettronica, chimica e meccanica. Possiamo citare i sensori chimici, i rivelatori di gas, i visualizzatori delle emissioni di campo, i cavi molecolari, i diodi, i transistor ad effetto di campo (FET) e i transistor a singolo elettrone



Numerosi sono ancora i problemi da superare ma i campi di applicazione delle nanotecnologie sono pressoché illimitati bisogna però precisare che gli spettacolari progressi di ogni disciplina scientifica non sarebbero avvenuti senza gli strumenti resi possibili dalla meccanica quantistica.

Senza di essa non vi sarebbe nessuna economia globale, perché la rivoluzione dell'elettronica, che ci ha portati all'era dei computers, è figlia della meccanica quantistica; così come la rivoluzione fotonica ci ha portati nell'era dell'informazione.

La meccanica quantistica ebbe origine da una di quelle rare concentrazioni di genialità che si verificano di tanto in tanto nella storia.