



Caruggi Federico

VIAGGIO ALLUCINANTE

Miniaturizzazione e Nanotecnologie

Esame di Stato 2015

Sommario

Miniaturizzazione	1
Nanotecnologia	2
Storia delle nanotecnologie	3
Applicazioni delle nanotecnologie	4
Creazione di nanostrutture	5
Aspetto Fisico	6
La Fisica Quantistica	6
<i>Storia</i>	6
<i>Sviluppi</i>	7
<i>Studi Attuali</i>	8
Aspetto Chimico	9
Catalisi	9
Nano filtrazione	10
Aspetto Biologico	11
Nanobiotecnologia	11
Nanomedicina	11
Nanotecnologia Molecolare	12
Nanotecnologia Oggi	13

Miniaturizzazione

“Possiamo ridurre tutto alle dimensioni che vogliamo. Persone, navi, armi, aerei...”

Isaac Asimov – Viaggio Allucinante

Così Asimov ci descrive, nella propria opera, il processo di miniaturizzazione; come lui, anche altri autori, soprattutto nel campo della fantascienza, hanno provato ad ipotizzare l'esistenza di un fantomatico raggio miniaturizzante, uno strumento capace, in pochi secondi (anche istantaneamente in alcuni casi), di rimpicciolire a piacere un oggetto, a partire dalle sue dimensioni originarie, senza causare alcun danno.

“Quattro uomini e una donna che, non molti minuti prima, si trovavano davanti a lui in carne e ossa, erano minuscoli frammenti di materia dentro uno scafo grande come un germe: eppure erano ancora vivi.” (Viaggio Allucinante)

L'esistenza di un tale apparecchio rimane però confinata, come detto prima, nell'ambito della fantascienza, e nel mondo della fantasia dei vari scrittori che hanno pensato alla possibile esistenza, in un prossimo futuro, di attrezzature del genere. Il termine “miniaturizzazione”, tuttavia, esiste anche nella realtà dei fatti, e possiamo averne sentito parlare. Di cosa si tratta, perciò, quando viene menzionata questa parola? Una rapida ricerca del termine “miniaturizzazione” ci fornirebbe una definizione che presenta alcune differenze da quella che possiamo ricavare da un testo di fantascienza. Ciò che troviamo, infatti, è:

“Nella tecnica, riduzione di componenti, apparati ecc., a dimensioni minime senza che ne siano pregiudicate la funzionalità e l'efficienza. La miniaturizzazione apparve dapprima importante in settori industriali piuttosto ristretti, per esempi., per gli apparati elettrici ed elettronici degli aeromobili, per i quali s'impongono, in genere, severe limitazioni d'ingombro; successivamente tale tecnologia s'è andata gradualmente estendendo all'intero settore delle costruzioni elettroniche e, in parte, alle costruzioni elettriche e meccaniche: la relativa complicazione costituita dall'adozione di tecnologie particolari e di standard di lavorazione con tolleranze minori di quelle degli standard usuali è ampiamente compensata da numerosi vantaggi, tra i quali la compattezza degli apparati e la notevole riduzione della massa. Il settore in cui la m. è oggi più avanzata è il settore dell'elettronica missilistica e spaziale.” (Enciclopedia Treccani)

Come possiamo leggere, anche qui si parla di miniaturizzazione nei termini di un processo per il quale si riducono a dimensioni minime oggetti di ogni tipo, senza alterarne le funzionalità o arrecare danno ad essi; la differenza perciò in cosa consiste? Essa è rappresentata dal fatto che nella definizione appena riportata il processo di miniaturizzazione è esteso nel tempo; possiamo meglio definirlo infatti come una tendenza, nell'avanzare del tempo, ad usufruire di oggetti sempre più piccoli che abbiano le stesse potenzialità di quelli originali.

Il processo di miniaturizzazione, quindi, esiste realmente, anche se non precisamente nei termini in cui scrittori e ideatori di storie fantascientifiche ne parlano. L'idea di un raggio meraviglioso in grado di rimpicciolire ogni cosa in qualsiasi dimensione, però, alletta sempre, ed è sempre spunto per belle storie di narrativa; ma analizziamo maggiormente i motivi per i quali un apparecchio miniaturizzante

non può esistere, o almeno non con le tecnologie di cui oggi disponiamo. Anche qui Asimov stesso ci viene in aiuto:

“Se si vogliono ridurre le dimensioni bisogna usare uno di questi due sistemi: si possono avvicinare gli uni agli altri gli atomi individuali di un oggetto esercitando una certa pressione o si può scartare totalmente una certa proporzione di atomi. Avvicinare gli atomi vincendo le forze repulsive interatomiche richiederebbe pressioni straordinarie. Le pressioni al centro di Giove non sarebbero abbastanza potenti per comprimere un uomo fino a fargli raggiungere le dimensioni di un topo. [...] (con l'altro metodo) per ridurre un uomo alle dimensioni di un topo, si dovrebbe conservare all'incirca un atomo umano su settantamila. Ma agendo così, poniamo caso su un cervello umano, quello che ne resterebbe sarebbe poco più del cervello di un topo.”

Come possiamo vedere, anche Asimov ci propone dei fondamentali impedimenti ad un processo di miniaturizzazione, che più avanti nel romanzo vengono superati in modi che rimangono moderatamente oscuri, senza che ce ne venga fornita una precisa spiegazione. A partire dalla lettura di questo passo, tuttavia, ci si potrebbe chiedere come nella realtà il processo di miniaturizzazione esista e venga persino attuato. Ebbene, ciò è possibile perché la miniaturizzazione di cui parla la nostra enciclopedia Treccani è meglio definibile come il progressivo avanzamento nella produzione di oggetti di dimensioni sempre più piccole, ma con le stesse funzionalità. Il tutto si riduce così ad un processo logico di comodità: un oggetto più piccolo è spesso migliore di uno di dimensioni maggiori perché può essere più comodo; è così che un telefono cellulare di modelli prodotti inizialmente ci appare oggi di dimensioni spropositate; le industrie di produzione telefonica hanno infatti seguito il processo di miniaturizzazione, creando successivamente modelli che potessero essere meno voluminosi dei precedenti pur mantenendo le loro potenzialità (spesso anche aggiungendone altre).

Il principio della miniaturizzazione, inteso nella realtà dei fatti appena descritta, ha permesso enormi sviluppi nelle scienze e nelle industrie legate alla tecnologia; al giorno d'oggi, ormai, la nostra vita è popolata di un numero elevatissimo di apparecchi costituiti da qualcosa di “micro”; i telefoni cellulari, i computer, i mezzi di trasporto, ... Persino i più comuni elettrodomestici di cui disponiamo a casa ormai sono dotati di microchip o di particolari tecnologie in grado di facilitarne l'utilizzo e di aumentarne la comodità.

Il concetto di miniaturizzazione, come possiamo intuire, porta inevitabilmente a considerare l'ambiente della tecnologia dell'estremamente piccolo; stiamo parlando, nello specifico, delle nanotecnologie.

Nanotecnologia

La nanotecnologia è, da definizione enciclopedica, *“l'insieme delle conoscenze e delle tecniche relative alle nanostrutture, agglomerati molecolari artificialmente creati con gli scopi più diversi: per es. cura di malattie, costruzione di materiali innovativi, miglioramento dei processi produttivi. Tali oggetti si caratterizzano per le dimensioni che sono dell'ordine del milionesimo di metro.”* (Enciclopedia Treccani)



Il termine “nanotecnologie”, perciò, si riferisce a quel particolare insieme di processi e di studi relativi a strutture delle dimensioni dell’ordine del nanometro (10^{-9} metri); per inquadrare meglio il concetto possiamo dire che queste scienze consentono di modificare la materia e le sue proprietà operando sulle singole molecole o sui singoli atomi che la compongono.

Lo sviluppo delle nanotecnologie, caratteristico degli ultimi decenni di studi scientifici, ha consentito di avere una conoscenza più approfondita dell’aspetto microscopico, o meglio “nanoscopico” della materia che ci circonda, in modo da arrivare a conoscere quali singoli atomi e molecole possono modificare le sue proprietà e aspetti caratteristici. Ma vediamo prima di tutto di considerare lo sviluppo di questo insieme di tecnologie.

Storia delle nanotecnologie

La prima menzione di alcuni dei concetti peculiari in nanotecnologia (ma che precede l'uso di questo nome) si ha nel 1867 con James Clerk Maxwell, quando questi propose come un esperimento mentale una piccola entità nota come Demone di Maxwell, capace di trattare singole molecole.

Le prime osservazioni e misurazioni di dimensione di nano-particelle vennero fatte durante la prima decade del XX secolo, associate soprattutto a Richard Adolf Zsigmondy che fece uno studio dettagliato di soluzioni colloidali di oro e altri nanomateriali con dimensioni al di sotto dei 10 nm e ancor più. Egli utilizzava il cosiddetto “ultramicroscopio”, un apparecchio che impiegava il metodo del campo scuro per vedere particelle di dimensioni molto minori della lunghezza d'onda della luce. Zsigmondy fu anche il primo che usò il nanometro esplicitamente per caratterizzare la dimensione della particella. La determinò come $1/1.000.000$ di millimetro. Egli sviluppò il primo sistema di classificazione basato sulla dimensione della particella nel campo del nanometro.

Ci sono stati molti sviluppi significativi durante il XX secolo nel caratterizzare nanomateriali e fenomeni correlati, appartenenti al campo di interfaccia e scienza dei colloidali. Negli anni '20, Irving Langmuir e Katharine B. Blodgett introdussero il concetto di monostato, uno strato di materiale spesso come una molecola. Langmuir vinse il Premio Nobel per la chimica con questo suo lavoro. Agli inizi degli anni '50, Derjaguin e Abrikosova condussero la prima misurazione delle forze di superficie.

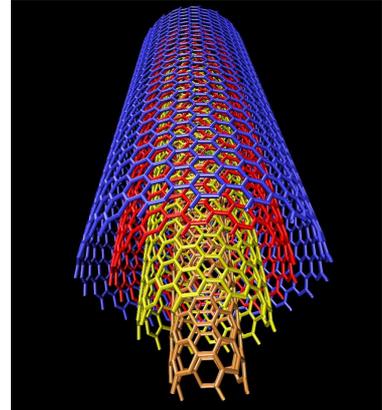
Il termine "nanotecnologia" venne per prima definito da Norio Taniguchi dell'Università Scientifica di Tokyo in un documento del 1974 come segue: *“la 'Nano-tecnologia' consiste principalmente nell'elaborazione di separazione, consolidamento, e deformazione di materiali da un atomo o una molecola”*. Fin da quel tempo la definizione di nanotecnologia è stata generalmente estesa per comprendere caratteristiche della grandezza dell'ordine dei 100 nm. Inoltre, l'idea che la nanotecnologia comprenda strutture che mostrano aspetti della meccanica quantistica, come i punti quantici, ha ulteriormente evoluto la sua definizione.

La nanotecnologia e la nanoscienza ebbero una spinta evolutiva agli inizi degli anni '80 con due sviluppi maggiori: la nascita della scienza dei cluster e l'invenzione del microscopio a effetto tunnel.

Agli inizi degli anni '90 Huffman e Kraetschmer, dell'Università dell'Arizona, scoprirono come sintetizzare e purificare grandi quantità di fullereni, sostanze molecolari carboniose, aprendo la porta alla loro caratterizzazione e funzionalizzazione a centinaia di ricercatori nell'amministrazione e nei

laboratori industriali. Ad un meeting della Materials Research Society del 1992, T. Ebbesen (NEC) descrisse a un pubblico incantato la sua scoperta e la caratterizzazione dei nanotubi di carbonio. Usando gli stessi strumenti o simili come quelli di Huffman e Kratschmere, centinaia di ricercatori svilupparono ulteriormente il campo della nanotecnologia basata sui nanotubi.

Dalla metà degli anni '90, migliaia di ricercatori della scienza della superfici e tecnocrati delle pellicole sottili hanno fatto propria la causa della nanotecnologia ridefinendo le loro discipline come nanotecnologia. Questo ha causato molta confusione nel campo specifico e ha generato migliaia di documenti riferiti alla "nano" nella letteratura recensita. La maggior parte di queste relazioni sono estensioni della ricerca più ordinaria fatta nei campi di origine.



4

Per il futuro, si tenta di trovare alcuni mezzi per l'evoluzione progettuale della nanotecnologia molecolare in nanoscala che imita il processo di evoluzione biologica su scala molecolare.

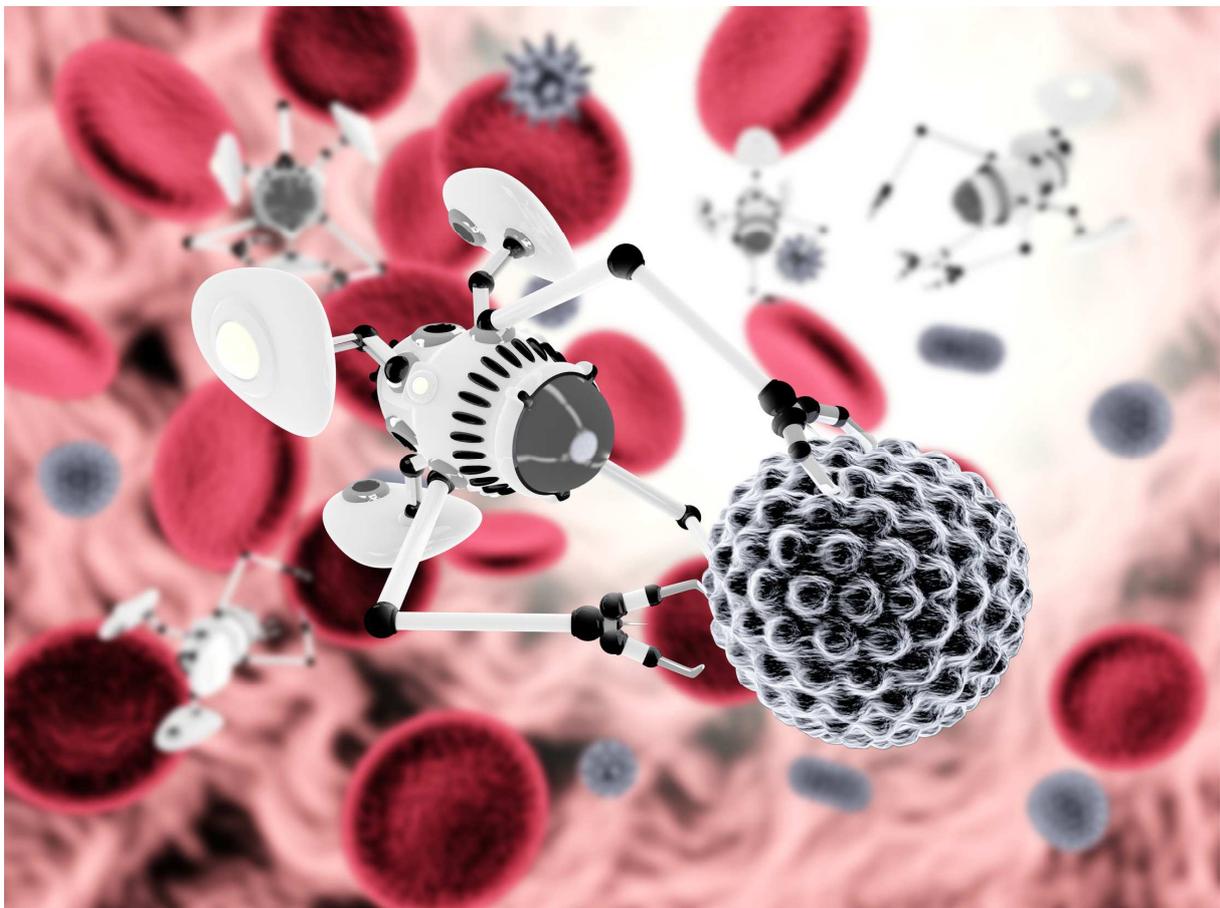
Applicazioni delle nanotecnologie

Le nanotecnologie vanno ben oltre le tecniche per realizzare le comuni reazioni chimiche, con le quali si sintetizzano molecole sconosciute con meccanismi che riguardano moltitudini di individui. La manipolazione 'individuale' delle molecole le trasforma direttamente da un tipo in un altro, operando come se si avessero a disposizione i piccoli mattoni di un gioco di costruzione da assemblare a piacere. Non stupisce quindi che il settore delle nanotecnologie sia in piena espansione e che molte industrie stiano scommettendo sui nuovi prodotti che esse permettono di creare.

Le applicazioni sono molteplici e vanno dalla metallurgia all'elettronica, dalla farmacologia alla fisica dei materiali. Sono state realizzate per esempio strutture molecolari molto più leggere dei metalli, ma con le stesse, se non migliori, caratteristiche di resistenza meccanica o di conducibilità elettrica. Oppure, attualmente sono allo studio nuove molecole di interesse farmacologico in grado, grazie alla loro struttura, di colpire selettivamente le cellule malate dell'organismo risparmiando quelle sane. Già oggi esistono in commercio materiali frutto di ricerche di questo tipo, tra i quali superfici battericide o ignifughe. Le nanotecnologie sono anche utilizzate per combattere l'inquinamento, per es. per produrre catalizzatori industriali più efficienti in modo da ridurre la dispersione di sostanze tossiche nell'ambiente o per costruire serbatoi capaci di trattenere meglio l'idrogeno da usare nelle celle a combustibile.

Nel settore della nanoelettronica si prevede che queste tecnologie possano trovare applicazione nella realizzazione di supporti per la memorizzazione molto più capienti degli attuali e che, per es., riescano a connettere direttamente i chip basati sui semiconduttori alle memorie magnetiche, aumentando così la velocità di elaborazione dei computer. Un altro settore particolarmente interessante è offerto dalle micro o nanomacchine: apparecchi meccanici composti solo da alcune molecole che possono assolvere una pluralità di compiti, aiutando per es. ad assemblare sulla scala del millesimo di millimetro altri oggetti microscopici.

Alcuni esempi di applicazioni di materiali nanostrutturati, quali tessuti antimacchia, superfici antigraffio o autopulenti, cosmetici contenenti nanopolveri, aerogel nanostrutturati per l'isolamento termico sono già in commercio e si prevede che il mercato di prodotti funzionalizzati attraverso l'uso delle nanotecnologie possa crescere rapidamente nel prossimo decennio. Finanziamenti pubblici e privati per ricerche nell'ambito delle nanotecnologie sono infatti in continua crescita e si prospetta che la loro ricaduta sul mercato mondiale possa portare i prodotti nanostrutturati a raggiungere un giro d'affari stimato intorno ai 600 miliardi di Euro entro il 2015 e ad una creazione di oltre due milioni di nuovi posti di lavoro (source: Nantional Science Foundation"). Le nanotecnologie rappresentano un salto innovativo radicale che a detta di molti analisti produrrà una nuova rivoluzione industriale paragonabile, se non di portata superiore, a quella generata dall'introduzione nel mercato dei semiconduttori nei primi anni '80.



Creazione di nanostrutture

I materiali nanostrutturati possono essere creati attraverso due approcci fondamentali: "bottom up" e "top down". Il primo si riferisce alla capacità di assemblare il materiale nanostrutturato a partire dalle nano particelle che lo costituiranno. In biologia, biomedicina e chimica si usa per lo più il questo tipo di approccio. Il secondo consiste invece nella costruzione di micro e nanostrutture a partire dal blocco massiccio di materiale con tecniche di tipo litografico, oppure, riducendo con metodi fisici, le dimensioni delle strutture iniziali portandole a livello nanometrico. Questo metodo è quello più comunemente utilizzato per la creazione di materiali nanostrutturati e trova i principali impieghi in

applicazioni elettroniche e metallurgiche. Con parole più semplici, il primo metodo consiste nella creazione di nanostrutture a partire direttamente da materiali su nanoscala, mentre il secondo è, per così dire, quel processo di miniaturizzazione di cui parlavamo all'inizio.

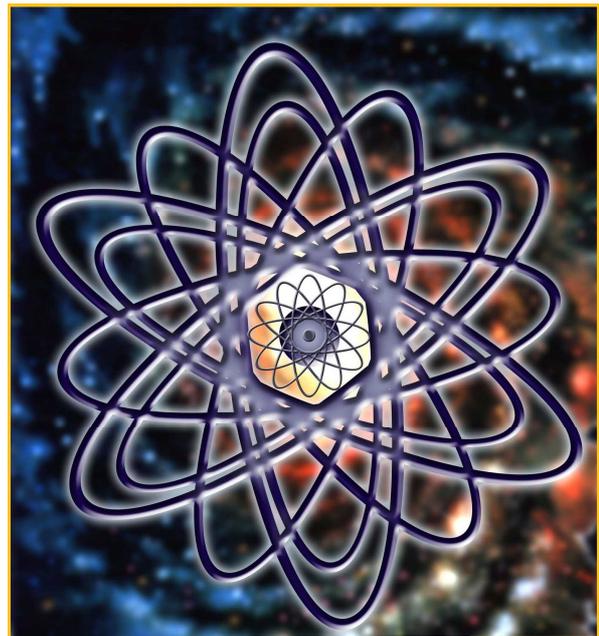
I due metodi vengono impiegati a seconda di quelle che sono le applicazioni da realizzare. Attualmente l'impegno maggiore è volto a ricercare fra di esse la sinergia più adeguata per l'applicazione desiderata: si è giunti così alle nanoscienze che costituiscono il punto d'incontro fra discipline diverse quali la fisica quantistica, la chimica supramolecolare, la scienza dei materiali, la biologia molecolare. In questo campo di studi, perciò, non è facile scindere tra loro le varie materie, ma proveremo comunque a parlarne separatamente.

Aspetto Fisico

Le nanotecnologie sono strettamente collegate alla fisica e, ovviamente, lo sono soprattutto a quella sezione della fisica che tratta di aspetti microscopici, dell'ordine dimensionale degli atomi; stiamo parlando quindi della fisica (o meccanica) quantistica.

La Fisica Quantistica

La fisica dei quanti definisce le leggi della materia nel suo aspetto più piccolo dimensionalmente; essa entra in gioco a livello atomico, quando si parla di energia nucleare e diviene assolutamente fondamentale in un discorso relativo alle particelle subatomiche quali elettrone, neutrone e protone, e quelle ancora più interne alla materia, come i quark. Nello studio delle nanotecnologie e della miniaturizzazione, e nelle loro applicazioni, perciò, la fisica quantistica deve essere il punto di partenza dei calcoli; bisogna considerare i principi di quantizzazione dell'energia, di indeterminazione, e gli effetti probabilistici che potrebbero avvenire su scala così microscopica. Ma vediamo di precisare maggiormente a che concetti corrispondono queste denominazioni.



Storia

Alla fine dell'Ottocento si pensava, all'interno del mondo della fisica, di aver compreso i principi fondamentali della Natura. Gli atomi erano divenuti i componenti basilari di cui era costituita la materia, le leggi di gravitazione universale di Newton erano in grado di spiegare senza problemi il moto dei pianeti e di tutti gli altri corpi, le equazioni di Maxwell fornivano una descrizione precisa di ogni effetto elettromagnetico; l'Universo intero, insomma, sembrava funzionare come un gigantesco orologio, del quale i fisici avevano una profonda conoscenza.

Nei primi decenni del novecento, tuttavia, uno studio più approfondito dell'atomo e dei suoi componenti iniziò a fornire i primi dubbi sul livello di veridicità e di perfezione delle leggi fisiche fino ad allora riconosciute come universali; il modello atomico planetario di Rutherford (per il quale l'atomo è composto da un nucleo positivo avente elettroni che gli orbitano attorno come i pianeti del Sistema Solare), che aveva soppiantato quello a panettone di Thomson (che non prevedeva l'esistenza di un nucleo), infatti, avrebbe dovuto essere instabile secondo le equazioni di Maxwell, e gli elettroni avrebbero dovuto collassare sul nucleo in pochi istanti, cosa che evidentemente non si realizza nella realtà dei fatti. Oltre a questo, gli studi di Wien avevano portato alla luce un paradosso, denominato "catastrofe ultravioletta", per il quale un corpo nero (oggetto che assorbe radiazioni incidenti, irradiando a sua volta indipendentemente), avrebbe dovuto emettere onde elettromagnetiche con intensità infinita e cortissima lunghezza d'onda (ultraviolette). In ultimo, si ebbe la scoperta dell'effetto fotoelettrico, per il quale le scariche elettriche fra due conduttori si intensificano quando essi sono esposti a radiazione ultravioletta, sempre se la radiazione incidente non ha frequenza minore di un valore di soglia; nemmeno questo fenomeno, evidente sperimentalmente, poteva essere spiegato con la teoria classica ondulatoria di Maxwell.

Tutto ciò portò Max Planck a definire una nuova teoria, quella della meccanica quantistica; egli formulò una legge per la quale i possibili valori di energia delle onde elettromagnetiche diventano discreti, in modo da risolvere il problema del corpo nero; Planck introdusse così una nuova costante, h , denominata successivamente costante di Planck in suo onore, avente dimensioni fisiche di energia per tempo [$J*s$], in grado di legare il valore dell'energia E dell'onda elettromagnetica con quello della sua frequenza f , attraverso la formula: $E = hf$.

Sviluppi

La teoria di Planck diede l'avvio a diversi studi nel medesimo campo. Prima di tutto, degni di nota sono quelli di Niels Bohr, che descrisse un modello empirico per unificare il principio del modello atomico di Rutherford con gli aspetti sottolineati dalla nuova fisica dei quanti; il suo lavoro, con la collaborazione di altri fisici quali Sommerfeld e Einstein, arrivò a definire un modello atomico contenente un nucleo interno positivo, circondato da orbite di elettroni stazionarie, circolari ed ellittiche, aventi un livello energetico definito e fisso. Gli elettroni quindi non possono assumere valori qualsiasi di energia, ma possono stabilirsi solo all'interno di queste specifiche orbite. L'eccitazione del singolo elettrone, ossia il suo incremento di energia, lo porta così a "saltare" da un'orbita più interna ad una più esterna; esso tende poi a ritornare al suo stato di riposo, dissipando energia ed emettendo così una radiazione elettromagnetica.

Nel perfezionamento della teoria dei modelli atomici, poi, de Broglie scoprì che l'elettrone, oltre ad essere un corpuscolo, assume anche comportamenti ondulatori, in modo da definire le orbitali secondo il comportamento delle onde stazionarie.

Un aspetto particolarmente degno di nota relativo all'ambito della meccanica quantistica è il concetto di "misura". Su scala così piccola, infatti, il tentativo di studiare in modo classico il moto di una particella subatomica ne modifica inevitabilmente le condizioni; in particolare, il classico esempio di questo fenomeno è l'indeterminazione per la quale non si possono conoscere contemporaneamente con sufficiente precisione la posizione e la velocità di una particella.

Diminuendo l'approssimazione relativa ad uno dei due dati, si aumenta inevitabilmente quella relativa all'altro, e in particolare in modo che il prodotto tra le incertezze delle due misure sia sempre maggiore o uguale alla metà della costante \hbar (equivalente alla costante di Planck h divisa per 2π).

$$\Delta V \Delta x \geq \frac{\hbar}{2}$$

La definizione di questo limite inferiore di imprecisione prende il nome di "principio di indeterminazione di Heisenberg".

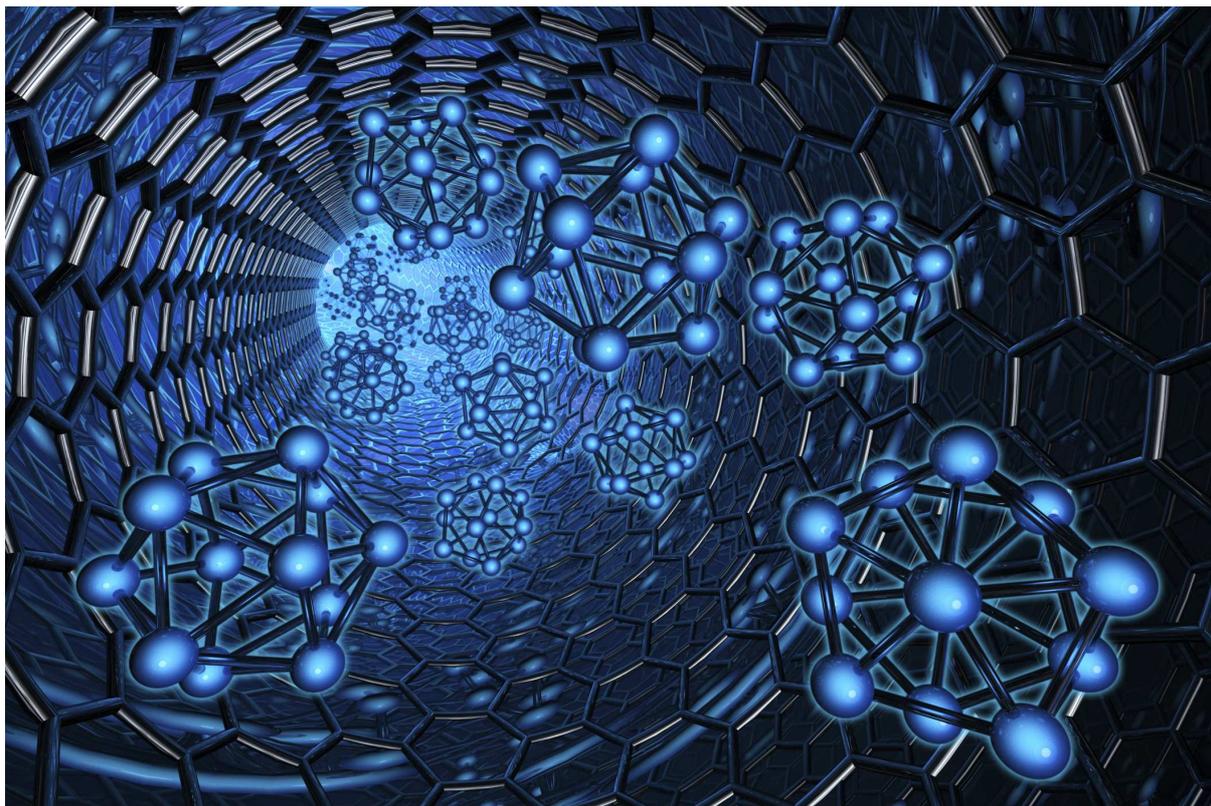
Altro aspetto interessante definito dagli studi di meccanica quantistica è il dualismo onda-particella, una teoria per la quale le particelle come elettrone e fotone sono contemporaneamente corpuscoli e onde, in modo che i fenomeni che avvengono alle scale atomiche rispettino i risultati sperimentali, che propongono questa ipotesi.

Ultimo passo da citare sugli sviluppi della fisica quantistica è l'equazione di Schrödinger. Si tratta di una formula elaborata sulla base di una teoria in grado di spiegare la quantizzazione, per la quale gli stati fisici della materia devono essere associati alla vibrazione di un'onda stazionaria. Schrödinger suppose infatti che le leggi della fisica classica di Newton potessero essere solo approssimazioni di quelle esatte, che forniscono valori abbastanza precisi su grandi scale, ma incapaci di permetterci di calcolare risultati poco approssimati su scala atomica. Lo stato di una qualsiasi particella diviene così descrivibile, in fisica quantistica, solo grazie ad una funzione d'onda, che esprime, in poche parole la probabilità che la particella si trovi in una determinata posizione.

Studi Attuali

Dalla seconda metà del XX secolo gli sviluppi nel campo della fisica quantistica sono stati rivolti soprattutto all'esplorazione delle strutture interne delle particelle subatomiche; ciò è portato alla teorizzazione della presenza di quark, gluoni e altre particelle. Più recentemente, poi, gli studi della meccanica quantistica hanno confluito, insieme a quelli degli altri settori della fisica, nel comune intento di risolvere il problema della cosiddetta "unificazione delle forze". Le quattro forze principali governanti la natura (elettromagnetica, gravitazionale, nucleare forte, nucleare debole), infatti, si suppongono identificarsi in una unica, in presenza di quantità enormi di energia, esattamente come si è scoperto per quanto riguarda la forza nucleare debole e quella elettromagnetica, le quali, al di sopra di livelli energetici dell'ordine di 10^2 GeV (Giga-elettronVolt) sono esaminabili come aspetti differenzi di una stessa forza, detta elettrodebole.

Gli studi nella ricerca di una "teoria del Tutto", in grado di unificare tutte e quattro le principali forze e di conciliare tutte le diverse leggi fisiche conosciute sono ancora in corso, ma lo studio approfondito delle nanotecnologie potrebbe facilitarne gli sviluppi, in quanto esse ci permettono di esaminare con maggiore precisione il mondo dell'estremamente piccolo.



Aspetto Chimico

Le nanotecnologie giocano un ruolo di notevole rilievo all'interno dell'ambito della chimica. Per esempio, queste tecnologie permettono di sintetizzare nuovi materiali con caratteristiche "a piacere"; le nano particelle possono essere create, a seconda delle esigenze, con specifiche proprietà ottiche, o in grado di eseguire determinate reazioni. In un certo senso, ogni processo di sintesi chimica può essere compreso e conosciuto meglio in un ambito di nanotecnologia; in tal modo gli studi chimici divengono una base per la costruzione di molecole fatte "ad hoc", su misura, create con le giuste funzionalità e proprietà.

Il contributo nanotecnologico alla chimica è così importante che esiste una definita branca della chimica detta nanochimica che, da definizione, è: *"Branca della chimica che si occupa della sintesi di molecole costituite da centinaia o migliaia di atomi (detta appunto, perciò, chimica sopramolecolare) e che, pertanto, hanno le dimensioni tipiche delle grandi molecole biologiche, cioè dell'ordine dei nanometri."* (Enciclopedia Treccani)

Due sono gli aspetti della nanochimica che sono particolarmente interessanti e degni di nota: la catalisi e la nano filtrazione; vediamoli più nel dettaglio.

Catalisi

La catalisi chimica è, da definizione, *"Fenomeno in virtù del quale una sostanza, detta catalizzatore, presente anche in piccola quantità, modifica la velocità di una reazione chimica, senza entrare a far parte della composizione dei prodotti finali e senza variare lo stato di equilibrio della reazione stessa."*

La catalisi ha un notevole interesse applicativo poiché sta alla base di gran parte dei processi della chimica industriale.” (Enciclopedia Treccani)

La catalisi chimica è quindi un processo che può trarre un grande vantaggio dall'utilizzo delle nano particelle, perché la creazione di questi materiali può essere effettuata in modo da simulare le funzionalità dei catalizzatori di alcune reazioni fondamentali, che ne risulterebbero certamente velocizzate, grazie all'aumentare della superficie di reazione in rapporto al volume.

Per fare un esempio concreto, attualmente ci sono ricercatori che pensano di utilizzare nano particelle di platino in una futura generazione di convertitori catalitici in campo automobilistico, in modo da ridurre la quantità di platino richiesto, grazie sempre al discorso relativo al rapporto superficie/volume delle nano particelle stesse.

Nano filtrazione

La nano filtrazione, altro processo chimico che coinvolge le nanotecnologie, viene definito come *“Operazione di separazione di specie in fase liquida basata sull'impiego di membrane in cui l'effetto separativo è determinato sia dal setacciamento molecolare sia dal meccanismo della solubilità-diffusione. La nano filtrazione, che si colloca in una posizione intermedia fra l'ultrafiltrazione e l'osmosi inversa, mostra notevoli possibilità di sviluppo nel campo della potabilizzazione delle acque, in quanto consente l'eliminazione completa dei microinquinanti e un elevato grado di decontaminazione microbiologica.” (Enciclopedia Treccani)*

La pratica della nano filtrazione può diventare un'importante applicazione delle nanotecnologie, e ci si aspetta che si possa sviluppare una forte influenza della nano chimica sul trattamento delle acque sporche, sulla purificazione dell'aria e all'interno di dispositivi di immagazzinamento di energia. Le tecniche di nano filtrazione possono essere efficaci sia con metodi chimici che meccanici; le membrane nano porose possono essere composte di nano tubi e risultare adatte, per esempio, per una filtrazione meccanica, per cui il liquido viene compresso attraverso la membrana, avente pori di dimensioni nanometriche. Questo processo può essere utilizzato per lo più nella rimozione di ioni o separazione di fluidi differenti.

L'ultrafiltrazione, citata nella definizione enciclopedica, opera su scale maggiori, tra le decine e le centinaia di nanometri; questa risulta più utile nell'ambito medico, di cui parleremo più avanti.

Ad ogni modo, alcune apparecchiature per il trattamento delle acque che sfruttano le nanotecnologie sono già sul mercato, e molte altre sono in fase di sviluppo.



Aspetto Biologico

Nel panorama delle nanotecnologie, l'aspetto biologico può essere considerato il più rilevante, soprattutto per quanto riguarda le applicazioni pratiche. Ci sono infatti due importanti argomenti delle nanotecnologie di cui parlare in questo ambito: la nanobiotecnologia, e la nanomedicina.

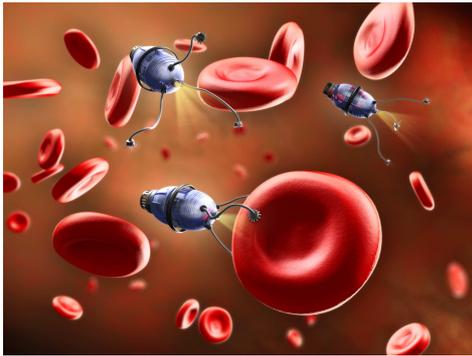
Nanobiotecnologia

La nanobiotecnologia è un ramo della nanotecnologia con applicazioni o usi biologici e biochimici; gli studi principali di questa scienza sono orientati allo studio di materiali esistenti e la creazione di simulacri, esattamente come ne parlavamo precedentemente, con la differenza che in questo caso, si intende puntare al miglioramento delle funzioni biologiche, e ad una capacità maggiore di studio e di analisi del corpo umano (come nel caso dei biosensori).

Un esempio della ricerca che viene attualmente portata avanti nel campo delle nanobiotecnologie è la progettazione di nanosfere ricoperte da molecole fluorescenti, la cui luminosità si spenga quando si trovano in presenza di determinate sostanze. Questo metodo potrebbe addirittura portare, un giorno, a sviluppare sistemi in grado di identificare la presenza di cellule tumorali in un organismo, o di altre malattie, in modo da essere in grado di debellare questi problemi all'origine.

Nanomedicina

La nanomedicina, come si può intuire, è l'applicazione delle conoscenze di nanotecnologia al campo medico; si tratta quindi di tutte le pratiche che abbiano un utilizzo in ambito della medicina, nell'ordine di grandezza dei nanometri.



Esempi caratteristici degli studi eseguiti in questo campo vanno dall'effettivo uso medico di nanomateriali, alla formulazione di nuovi metodi di somministrazione di farmaci, all'utilizzo dei biosensori nanotecnologici per nuovi e migliori tipi di analisi. La nanomedicina, insomma, mira a fornire un insieme di strumenti di ricerca e di dispositivi clinicamente utili nel prossimo futuro, come per esempio le fantomatiche "macchine riparatrici di cellule", che potrebbero rivoluzionare l'intera scienza medica.

Attualmente, un importante problema relativo allo sviluppo della nanomedicina, però, si ritrova nel rischio riguardante l'impatto ambientale, e addirittura la tossicità di questi materiali.

Nanotecnologia Molecolare

Ultimo argomento di cui parliamo per quanto riguarda le applicazioni delle nanotecnologie, ma non certo ultimo di importanza, è la nanotecnologia molecolare, un settore di studi avanzati di nanotecnologia che tratta la creazione su scala molecolare di macchine costruite atomo per atomo. Facciamo quindi riferimento, nello specifico, al primo metodo di creazione delle nanostrutture di cui parlato in precedenza.

Questa forma di nanotecnologia sarebbe perciò identificabile come la creazione di nanomateriali a partire da macchine già di dimensioni molecolari. La MNT (Molecular NanoTechnology) diventa un punto di incontro tra aspetti fisici, chimici e biologici, e per questo si è scelto di trattare solo in ultimo di questo argomento.

Le applicazioni della MNT possono essere molto vaste, dato che consiste, si potrebbe dire, solo in una serie di processi di creazione di nanostrutture alternativi ad altri, caratteristica per la quale le potenzialità di utilizzo di essa aumentano certamente. La nanotecnologia molecolare potrebbe quindi essere utilizzata in ambito medico, ma anche in ambito chimico e fisico, per analisi, creazione di nuovi materiali, nuove tecniche mediche e nuovi metodi di risoluzione di problemi difficilmente solubili al momento.

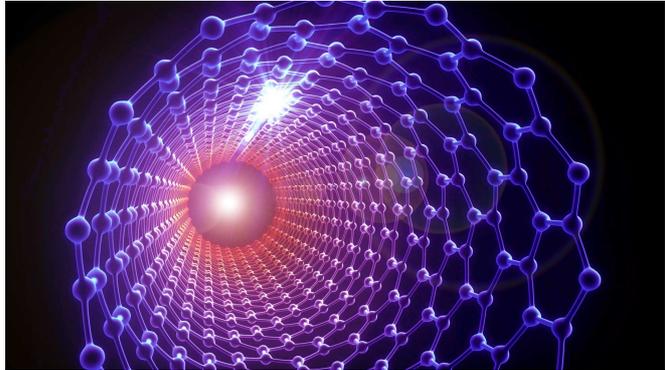
La creazione di nanostrutture per mezzo della MNT può essere collegata istintivamente a sciami di robot che possano agire insieme per costruire altri apparecchi simili, secondo un processo definito "auto-replicazione"; questo aspetto, tuttavia, è stato criticato e messo in discussione, per via dei rischi a cui si andrebbe incontro mettendolo in atto, quali la possibilità di mutazioni casuali degli stessi robot, che potrebbero risultare non più funzionali, o addirittura dannosi. Di sostenitori dell'auto-replicazione, tuttavia, ce ne sono ancora, e pensano che si possa avere un controllo sulle mutazioni; il dibattito su questo argomento è quindi ancora acceso al giorno d'oggi e bisognerà aspettare ancora per una soluzione definitiva.

Al di là di questo problema della auto-replicazione, però, i nanorobot, specialmente applicati nell'ambito delle scienze mediche (la nanomedicina, di cui si parlava nel capitolo precedente), sono comunque in stadio di sviluppo, senza che vi si applichi la proprietà della auto-replicazione, la quale

non è certamente indispensabile ad un loro possibile utilizzo per rendere più facile la correzione di difetti genetici, per eliminare in modo più semplice ed efficace altre malattie, gravi e non, e per garantire una qualità di vita, dal punto di vista sanitario, certamente migliore.

Nanotecnologia Oggi

Per concludere il percorso, è necessario fare riferimento agli studi attualmente in corso riguardo alle nanotecnologie. Con un ultimo riferimento a Viaggio Allucinante, potremmo dire che, sebbene l'idea di ridurre un gruppo di quattro persone e un sommergibile, attraverso l'impiego di un raggio miniaturizzatore, sia ben lungi dall'essere realizzata, un traguardo simile, per quanto riguarda le applicazioni mediche, può essere vicino al raggiungimento, mediante gli studi condotti sui nanorobot.



Sulle riviste scientifiche possiamo ormai leggere articoli molto interessanti in merito: *“gli scienziati hanno sviluppato farmaci chemioterapici in grado di migliorare la precisione con cui si possono colpire i bersagli desiderati, grazie ad involucri nanoscopici che li avvolgono, in modo da evitare il sistema immunitario e puntare direttamente ai tessuti maligni”*. *“Prima o poi nanofarmaci e minuscoli dispositivi viaggeranno in qualsiasi area del corpo siano necessari, alimentati in modo autonomo, usando motori e carburanti biocompatibili”*. (Articoli tratti dalla rivista *“Le Scienze”*)

In sostanza, quelle idee che una volta potevano solo risiedere nelle menti dei grandi scrittori della fantascienza, come Asimov, oggi stanno diventando sempre più realistiche e vicine a noi. Le nanotecnologie sono quindi un settore di ricerche scientifiche che potrebbe sempre più apportare a risultati significativi nel miglioramento delle nostre condizioni di vita e, per tanto, su cui informarsi e tenersi aggiornati.

Bibliografia e Sitografia

- Le citazioni sono tratte dal libro “Viaggio Allucinante”, opera di Isaac Asimov
- Le definizioni sono state tratte dalla Enciclopedia Treccani (cartacea e online): <http://www.treccani.it/>
- Le informazioni di Fisica sono state reperite dal libro di testo (L'Amaldi per i Licei Scientifici), e dal sito <http://www.fmboschetto.it/>
- Le informazioni relative alle sezioni di Chimica e Biologia sono state quelle apprese durante il percorso scolastico, integrate da altre nozioni ottenute da siti vari, quali:
 - o <http://it.wikipedia.org>
 - o <http://en.wikipedia.org>
 - o <http://nanotechnologyuniverse.com/>
 - o <http://www.chimica.unipd.it/>
 - o <http://www.nano.gov/>
- Le notizie più aggiornate sugli sviluppi delle nanotecnologie sono state infine ricercate sul sito di Le Scienze (l'edizione italiana di Scientific American): <http://www.lescienze.it/>