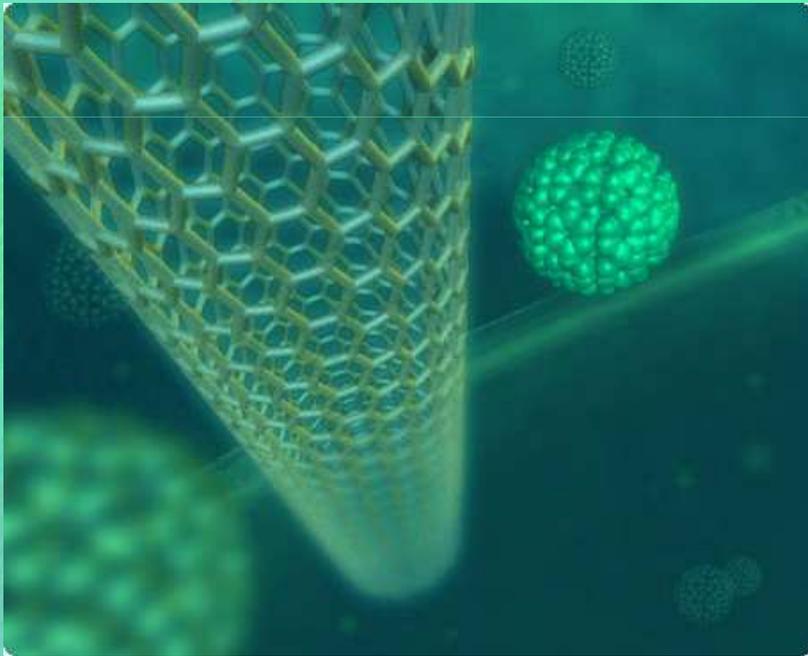


Introducción a la Nanotecnología



José Manuel Quero Reboul
Dpto. Ingeniería Electrónica

www.gte.us.es/ASIGN/Microsistemas/materialMEMS.htm

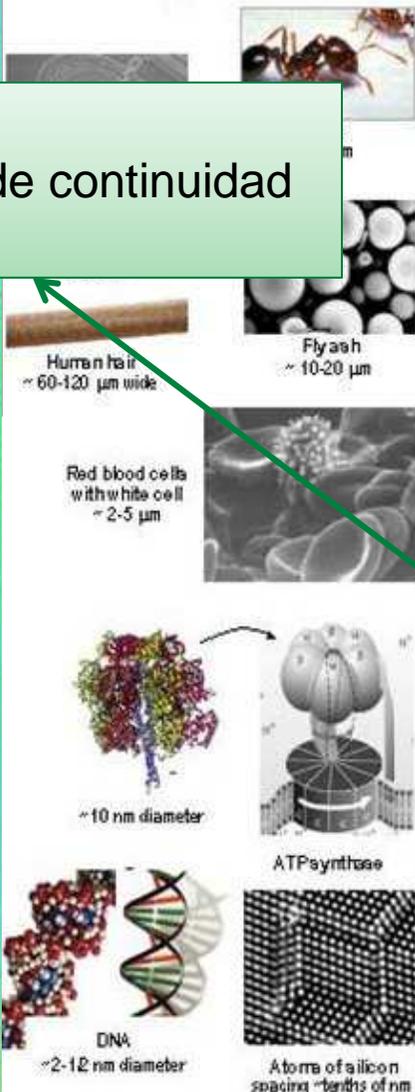
Indice

- Conceptos.
- Principios físicos
- Nanomateriales.
- Nanomecánica.
- Nanoelectrónica.

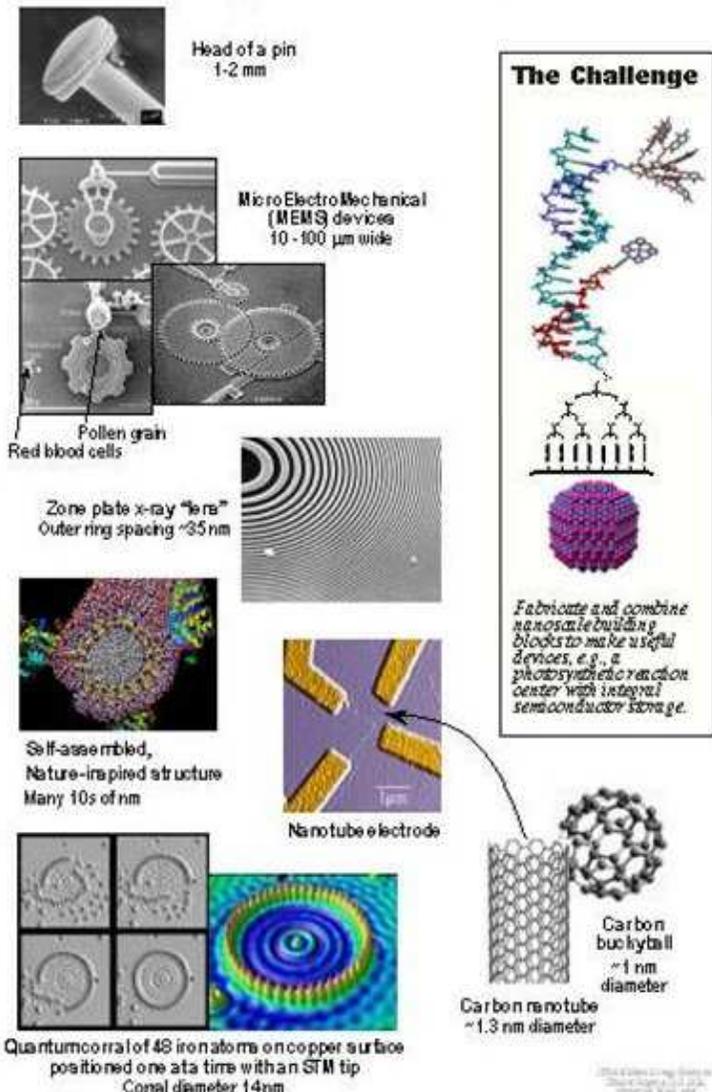
Conceptos

The Scale of Things – Nanometers and More

Things Natural



Things Manmade



The Challenge

Fabricate and combine nanoscale building blocks to make useful devices, e.g., a photosynthetic reaction center with integral semiconductor layer.

Hipótesis de continuidad

Uso a escala

Conceptos

Definición:

La nanotecnología es el estudio, diseño, creación, síntesis, manipulación y aplicación de materiales, aparatos y sistemas funcionales a través del control de la materia a nano escala.

Objetivo:

Fabricar materiales y máquinas a partir del reordenamiento de átomos y moléculas para la explotación de fenómenos y propiedades de la materia a nano escala

Historia:

1940 - Von Neuman estudió la posibilidad de crear sistemas de una manera que se auto reproducen.

1959 - Richard Feynman presenta su discurso «There's Plenty of Room at the Bottom».

1962 - Francis Crick premio novel medicina por descubrimientos sobre la estructura molecular de los ácidos nucleicos.

1991 - Sumio Iijima descubre los nanotubos de carbono.

1996 - Harry Kroto recibió un premio Nobel por el descubrimiento de las nanopartículas.

Conceptos

Unidad Indivisible: Átomo

Las partículas subatómicas tienen un corto tiempo de vida.

Número de Avogadro:

$N_A = 6.02 \cdot 10^{23}$. MOL: número de átomos C_{12} en 12 gramos.

Objetivo: “Do more with less”

Dificultades comerciales:

- ¿Qué es nanotecnología?
- Patentes enlazadas.
- Control de calidad a nivel nano.
- Problemas éticos.

Ejemplo: Nanobot

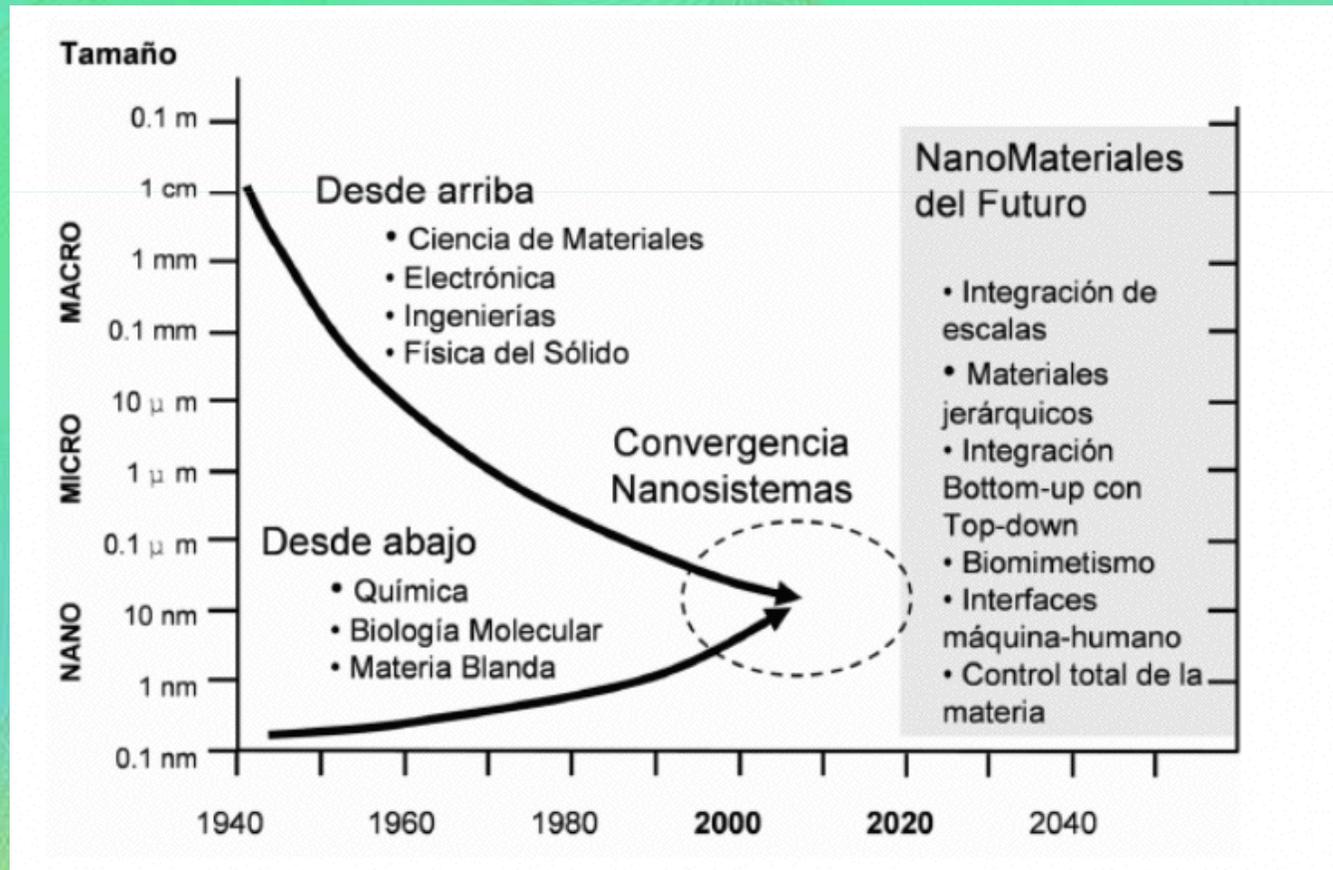
Dispositivo (molécula) de unos 50 nm tiene el tamaño = 5 capas de moléculas o átomos capaz de autoreplicarse. (Peligro “Gray Goo”)

Conceptos

Nanoingeniería:

Top-down: De lo micro a lo nano (scaling down)

Botom-Up: De lo atómico a lo nano.



Indice

- Conceptos.
- Principios físicos.
- Nanomateriales.
- Nanomecánica.
- Nanoelectrónica.

Principios físicos

Escalado:

- Ratio Superficie/volumen $\sim D^{-1} \Rightarrow$ Mayor interacción
- Ausencia de gravedad.
- Fuerzas de van der Waals de atracción atómica.
- Efectos cuánticos (efecto tunel en electrones).
- Efectos de Confinamiento.

Ejemplo: transferencia de calor por conducción

$$Q = -K_c \frac{A}{\Delta x} \Delta T \Rightarrow Q \propto \frac{D^2}{D} \propto D$$

Pero a distancias submicrométricas $K_c \propto D \Rightarrow Q \propto D \frac{D^2}{D} \propto D^2$

Principios físicos

Fuerzas, energías y las distancias a las que son significativas:

Tamaño		Fuerzas y Energías dominantes
cm	0.01 m	Gravedad, fricción, combustión
mm	0.001 m	Gravedad, fricción, combustión, electroestática, magnética
μm	0.000001 m	Electroestática, elásticas, movimiento Browniano
nm	0.000000001 m	Electroestática, elásticas, movimiento Browniano, cuántica.
Å	0.0000000001 m	Mecánica cuántica

Indice

- Conceptos.
- Principios físicos.
- Nanomateriales.
- Nanomecánica.
- Nanoelectrónica.

Nanomateriales

Definición: estructura estable formado por varios átomos que le confiere al material unas propiedades físicas únicas y útiles.

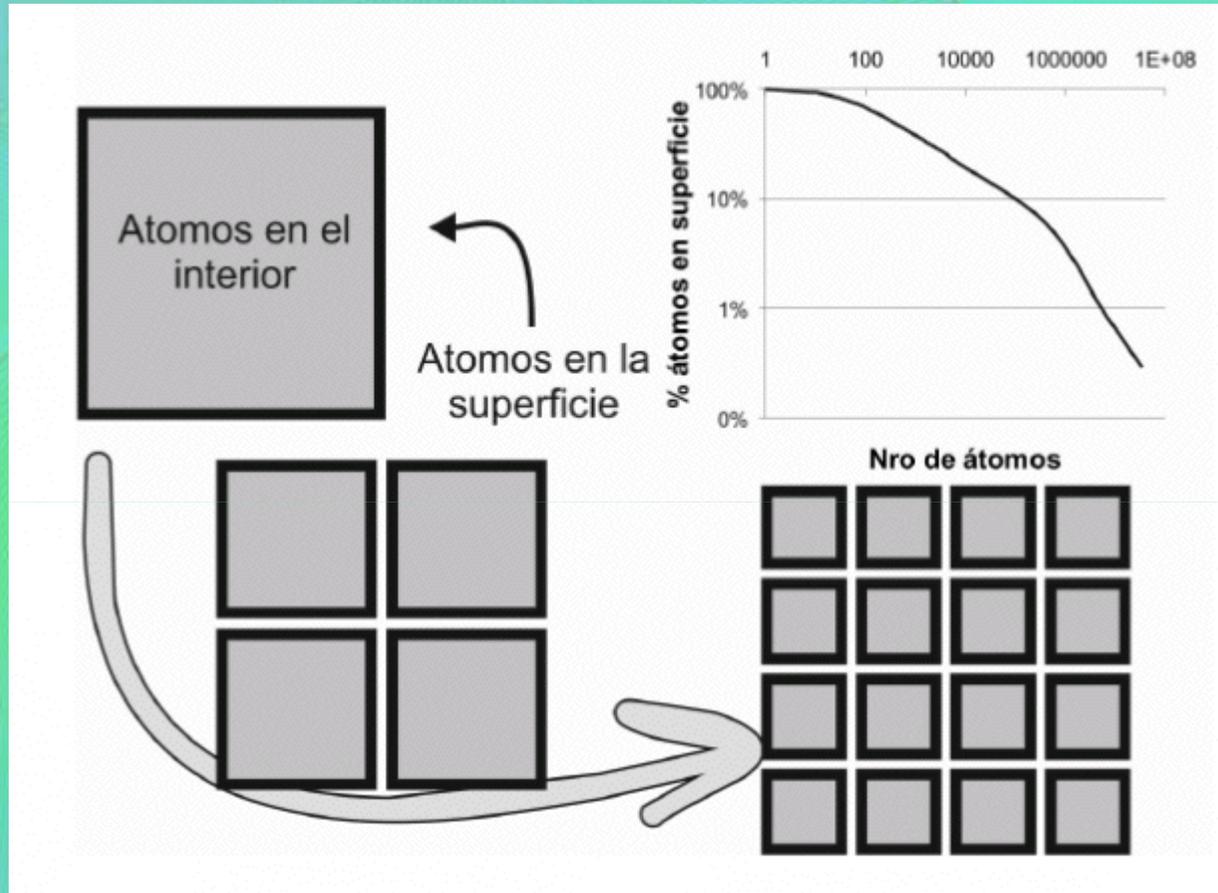
Ejemplo: oro

Escala	T _{fusión}	Color
Macro	1064 °C	Oro
Micro	750 °C	Rojo (en coloide)

Fuerzas de cohesión: Enlaces covalentes, iónicos, metálicos y fuerzas de van der Waals.

Ordenación: En los 14 sistemas cristalográficos posibles.

Nanomateriales



Importancia relativa de los átomos superficiales respecto el total →

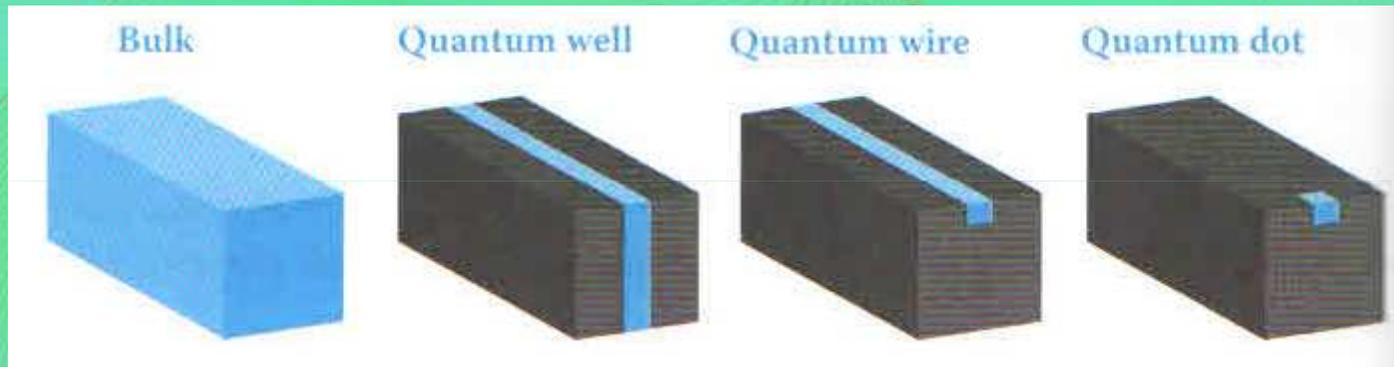
- 1) Más reactivos
- 2) Menor punto de fusión

Nanomateriales

Alternativas de fabricación.

1) Top-down:

- Mediante la miniaturización de tecnologías microelectrónicas.
- Uso de moldes.
- Deposición de capas.



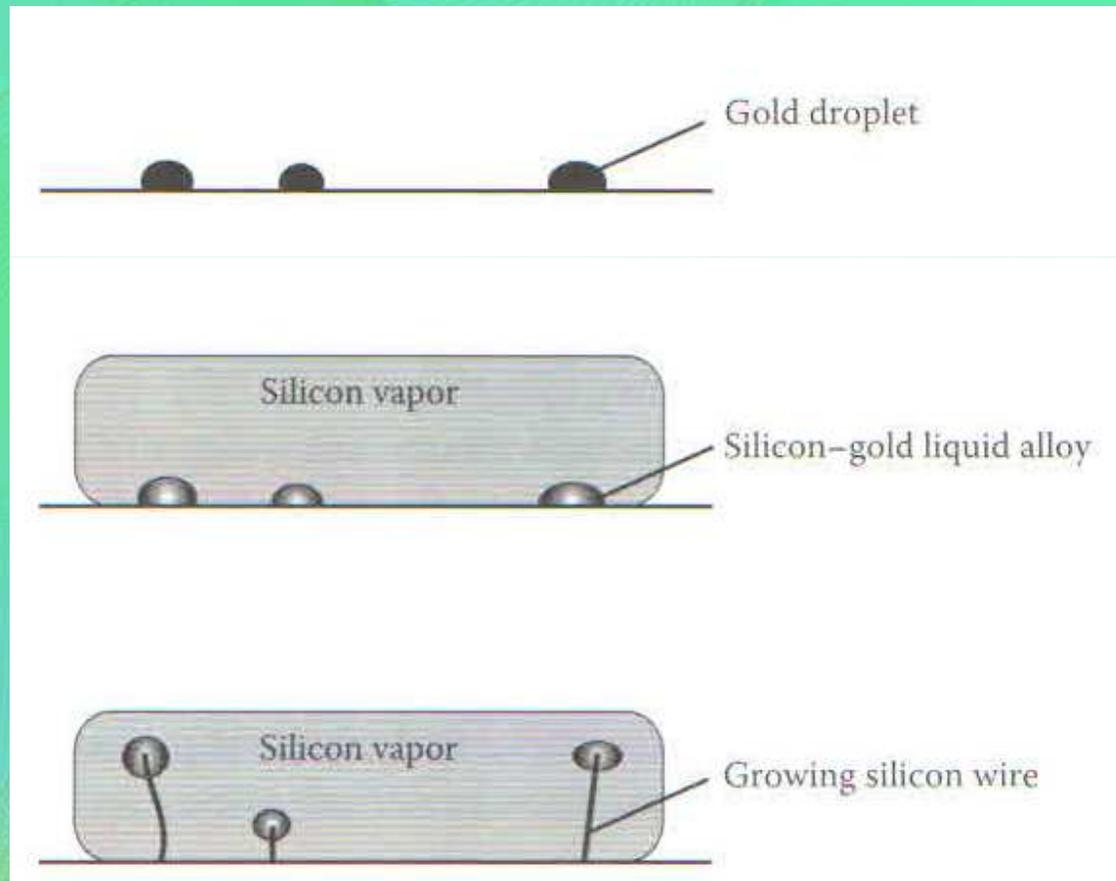
2) Bottom-up:

- Agregación a partir de un gas
- Agregación a partir de un coloide.

Nanomateriales

Nanowires:

- 1) Rellenando un material poroso usado como molde.
- 2) Usando oro como catalizador de silicio. Al saturar se va depositando subiendo la gota de oro (margarita)



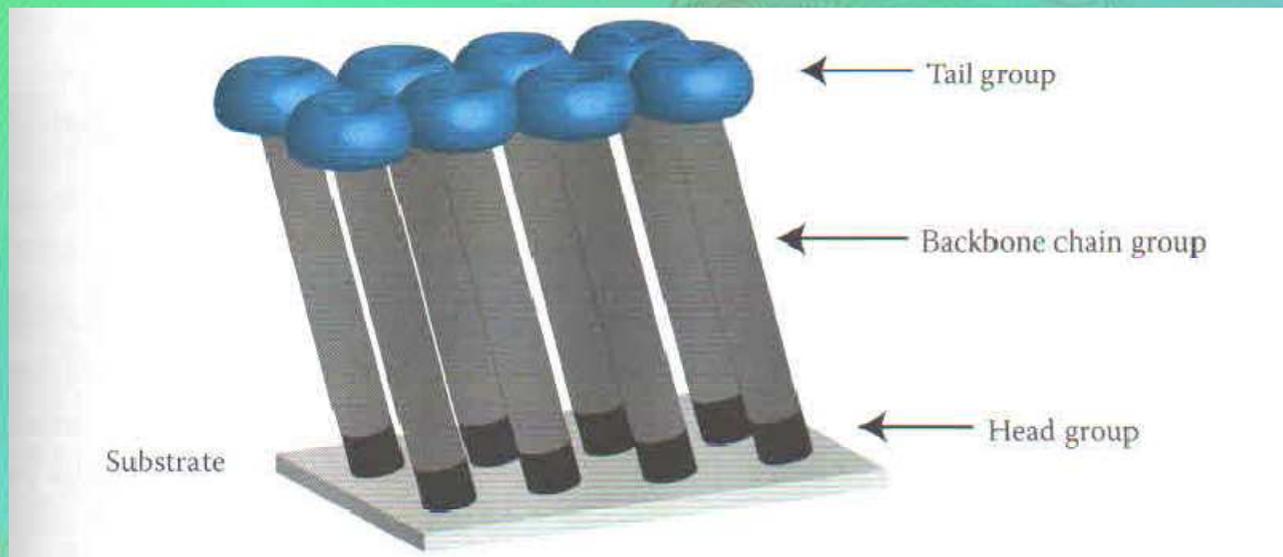
Nanomateriales

Films:

Self-assembled monolayer (SAM)

Sirve para funcionalizar superficies (hidrofóbicas, hidrofílicas, adhesivas, cargadas positiva o negativamente...)

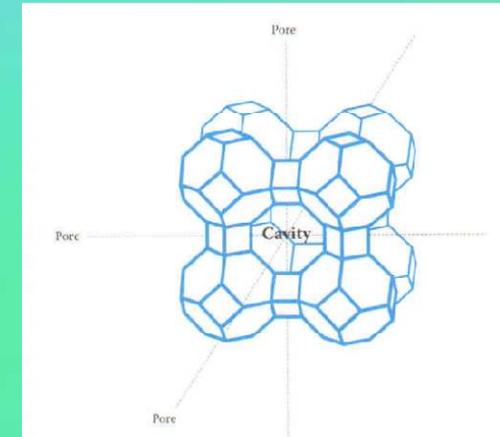
Ejemplo: TiO_2 hace hidrofílico al cristal favoreciendo la autolimpieza, y además protege de ultravioleta.



Nanomateriales

Material Poroso.

- 1) **Zeolitas:** Aluminosilicatos con huecos entre 1.5 y 10 nm que pueden ser rellenos con agua, átomos, etc
- 2) **Metal Organic Framework (MOF):** $4500\text{m}^2/\text{g}$ = la superficie de un campo de futbol en 1 gramo.



Material granulado. Compactando partículas de 10 nm para que se comporte como una red de superficies de contacto y sean muy resistentes mecánicamente.

Moléculas.

1) Fullerenos.

700 pm de diámetro.

Todos los átomos son superficiales.

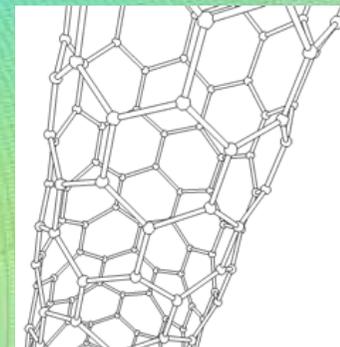
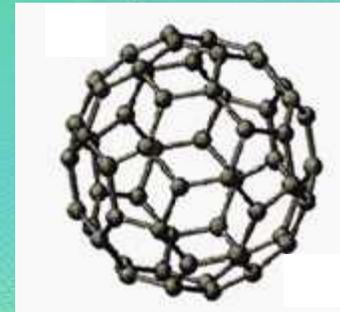
Se pueden rellenar y dopar.

2) Nanotubos.

1.6nm de diámetro.

Estables e inertes.

Se forman con elevada energía (arco, láser...) sobre el grafito

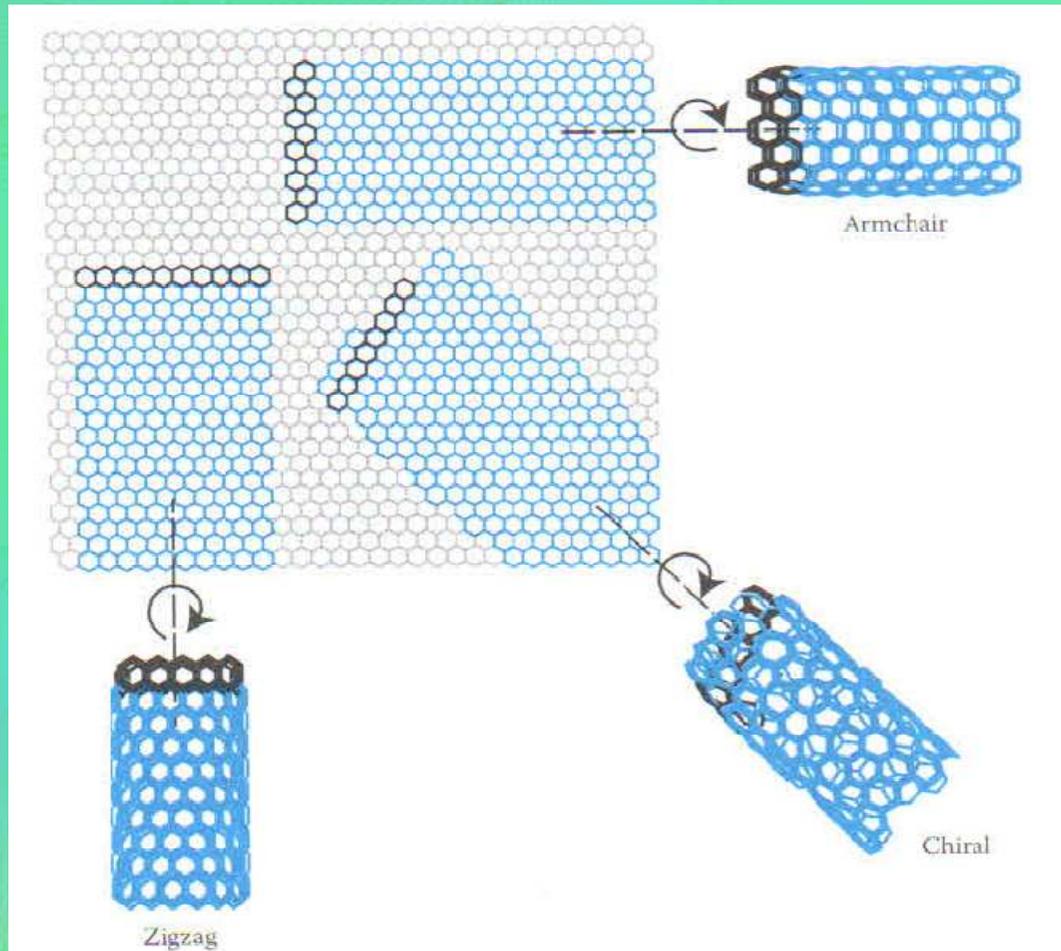


Nanomateriales

Buenos conductores térmicos.

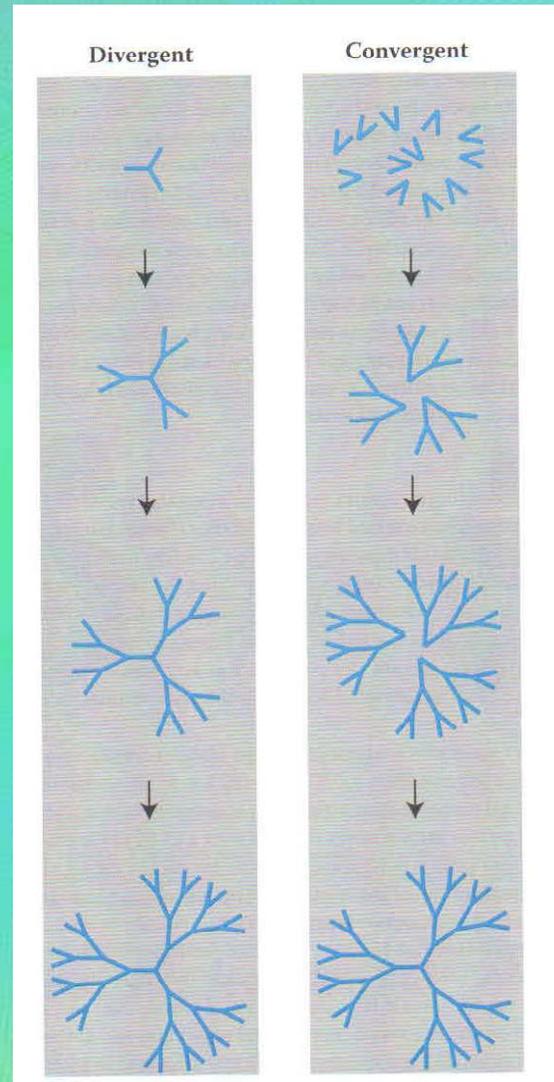
Resistentes mecánicamente (x10 acero, 1/6 su peso)

Propiedades conductoras según su estructura y composición.



Nanomateriales

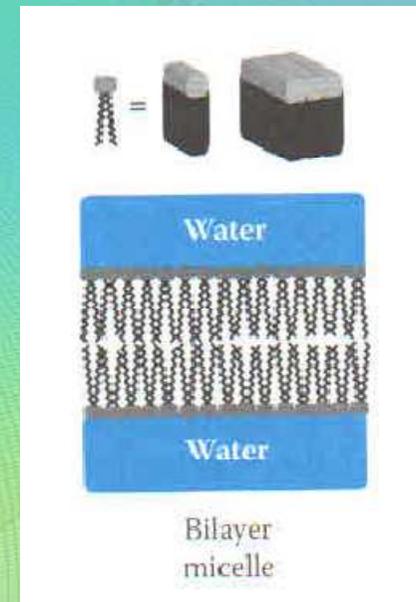
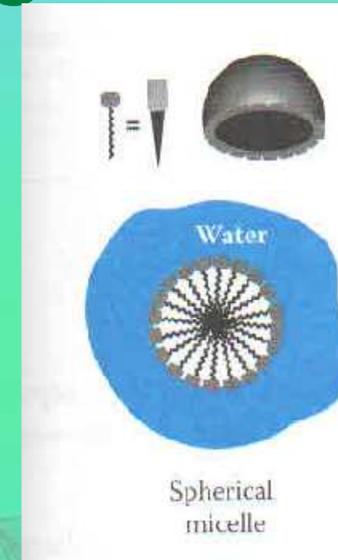
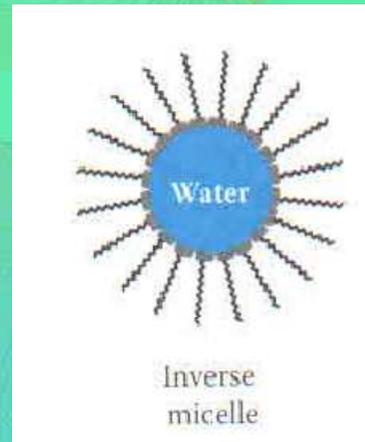
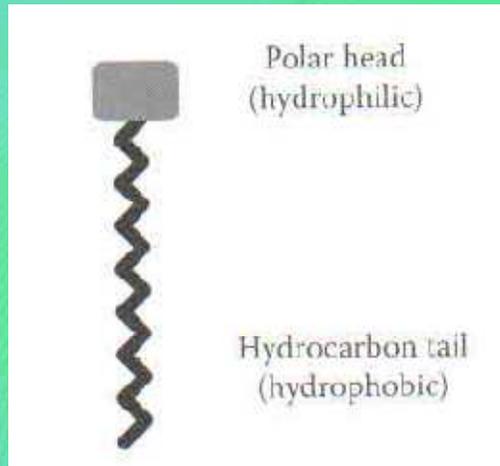
3) Dendritas.



Nanomateriales

4) Micelles.

Parte hidrofílica y parte hidrofóbica.



Indice

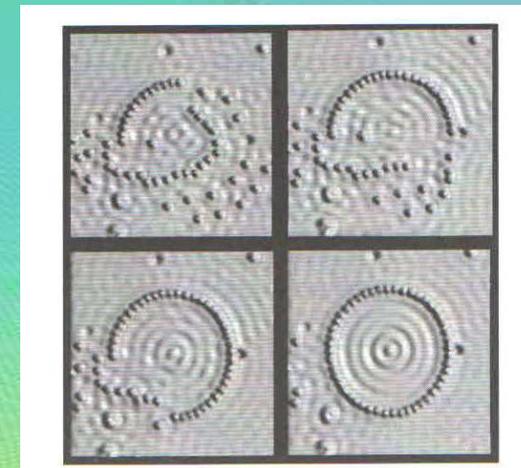
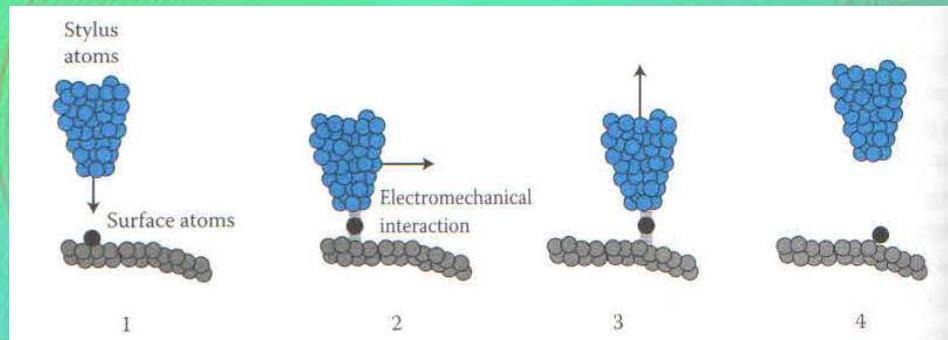
- Conceptos.
- Principios físicos.
- Nanomateriales.
- Nanomecánica.
- Nanoelectrónica.

Nanomecánica

Fonón: Unidad mínima de vibración de un átomo. Responsable de la transmisión del sonido y el calor.

Osciladores resonantes:

- Elementos mecánicos con comportamiento biestable.
- Sensores nanobeams.
- Scanning Probe Microscope (SPM)
 - Scanning Tunneling Microscope (STM)
 - Corriente electrones por efecto tunel.
 - Manipulación a nivel atómico. Ejemplo: quantum corral



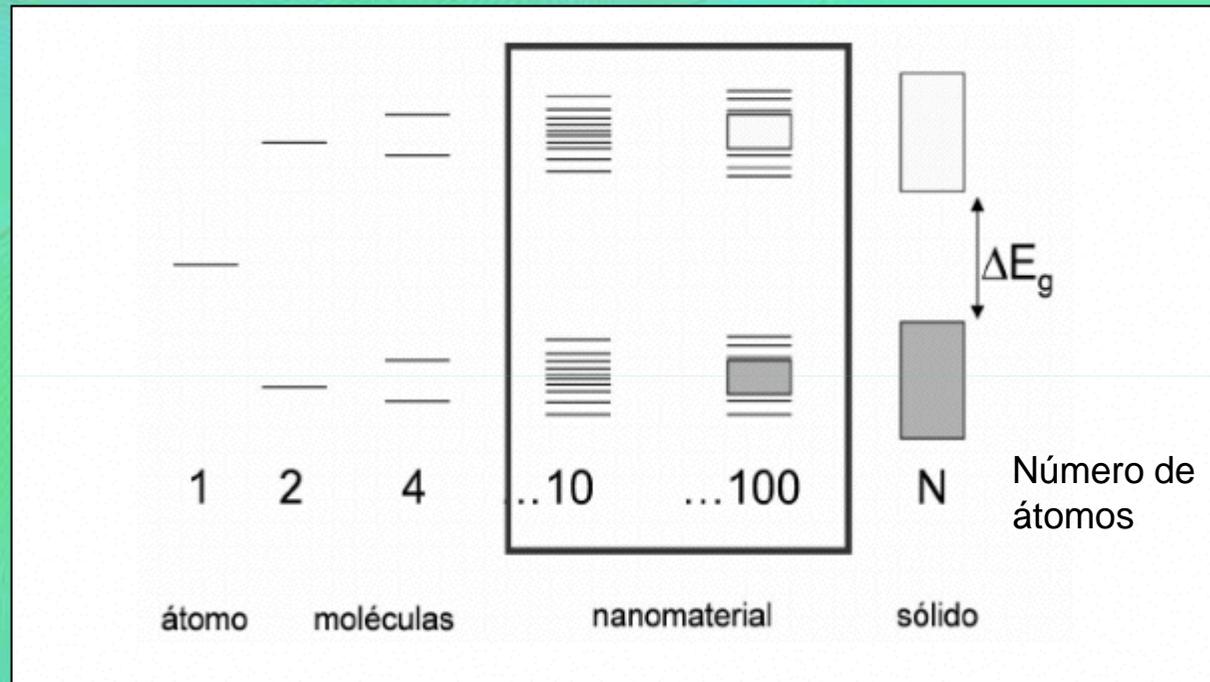
- Atomic Force Microscope (ATM)
 - Modo flexión o frecuencia.
- Reconocimiento molecular por tensión superficial en cantilever.

Indice

- Conceptos.
- Principios físicos.
- Nanomateriales.
- Nanomecánica.
- Nanoelectrónica.

Nanoelectrónica

Efectos cuánticos.



Evolución de los orbitales desde los discretos de un átomo a las bandas de un sólido.

Nanoelectrónica

Átomos artificiales: agregados de átomos hasta 100 nm que en su exterior tiene los mismos electrones de valencia que un átomo individual deseado.

Son mayores que átomos individuales y se pueden manipular.

Forman redes atómicas:

- 1) Con metales: propiedades electrónicas para diámetros entre 1 y 10 nm.
- 2) Con semiconductores: para diámetro entorno a 100 nm.

Se puede modular su banda prohibida: más grande cuanto menos átomos.

Propiedades ópticas deseadas.

Nanoelectrónica

Fenómenos de un único electrón.

En la actualidad, en un transistor circulan unos 10.000 electrones.

Confinamiento de electrones:

1. Bloqueo por fuerzas electroestáticas.
Repulsión de electrones en partículas cargadas.
2. Aplicando el principio de incertidumbre.
Resistencia entre islas que impida la probabilidad de que se produzca el efecto tunel.

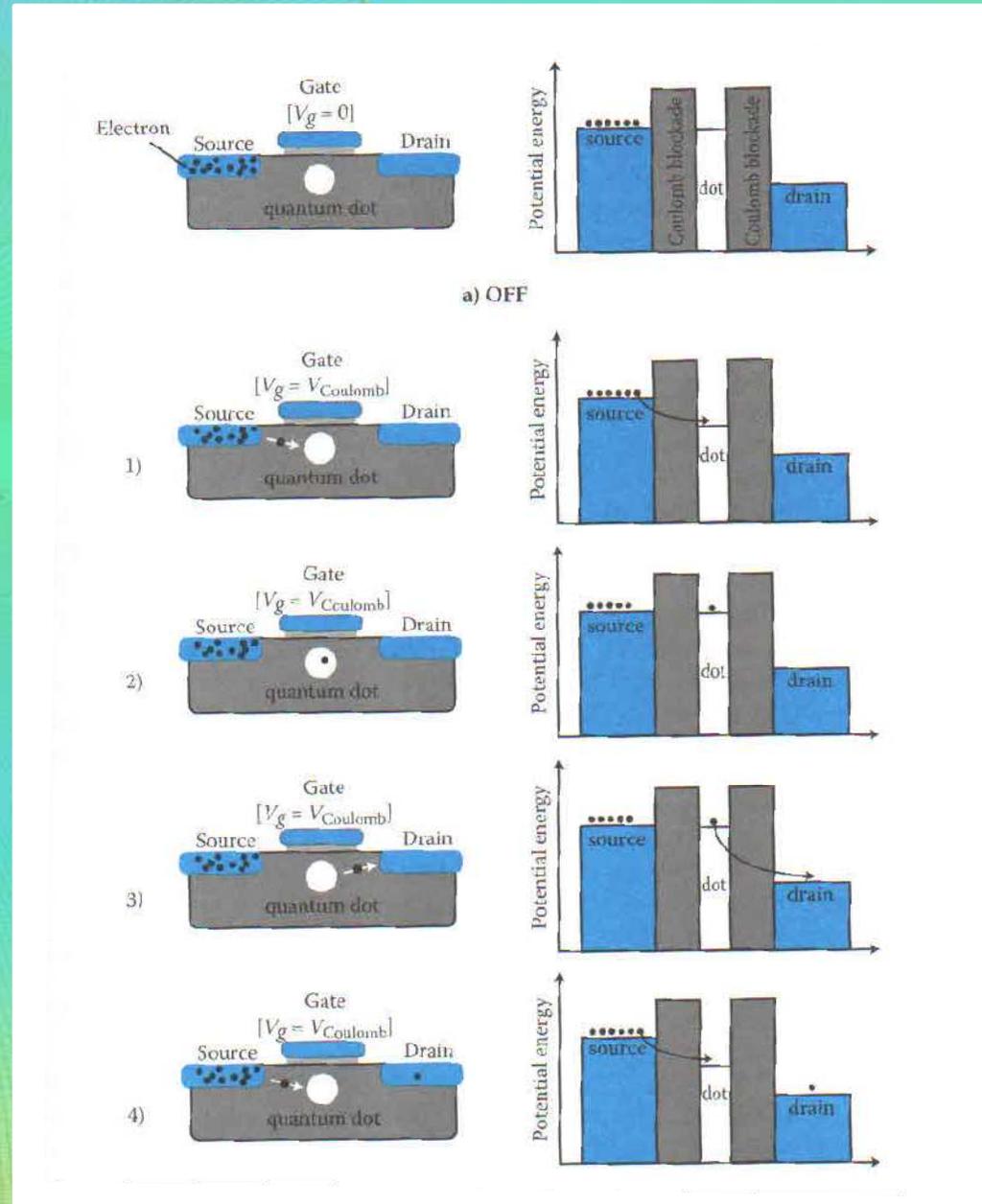
Nanoelectrónica

Single Electron Transistor (SET)

Sólo circula un electrón por el canal a través de un quantum dot intermedio.

La barrera de potencial para que salte el electrón al quantum dot se modifica por la tensión de puerta.

Aproximación Top-down.



Nanoelectrónica

Electrónica molecular

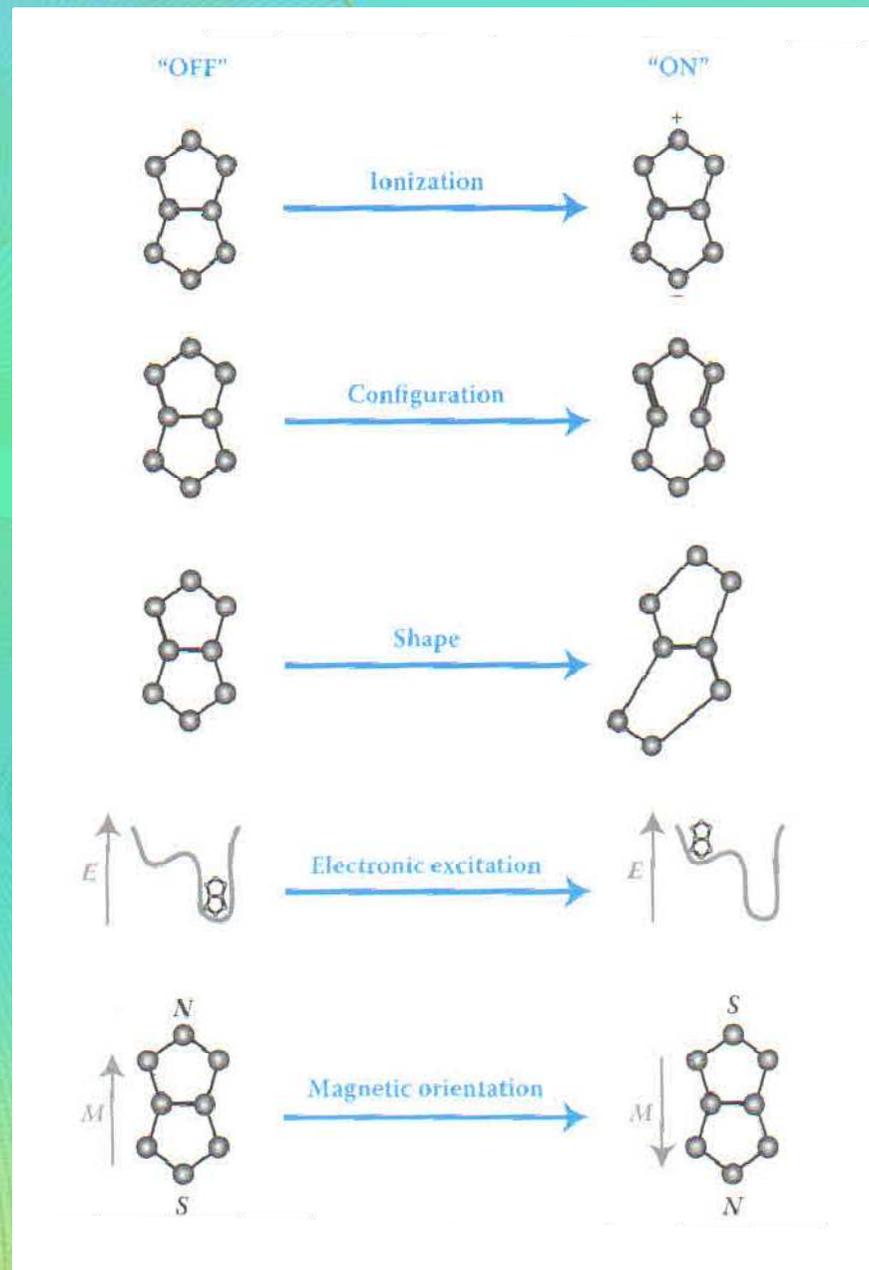
Modificación de alguna característica molecular que pueda presentarse en dos estados estables.

Interruptores construidos por combinación atómica.

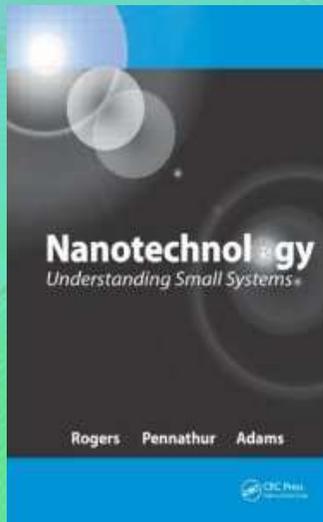
Aproximación Bottom-down.

Repetitividad de los dispositivos, puesto que dependen de una estructura atómica bien definida.

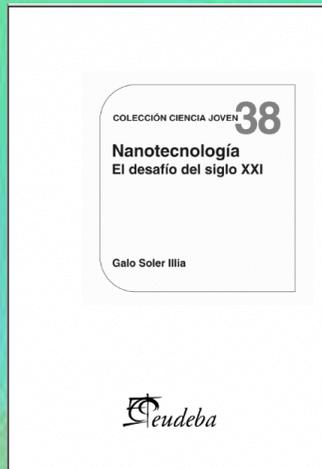
6 principios básicos



Bibliografía



Nanotechnology
Understanding Small Systems.
Ben Rogers, Sumita Pennathur, and Jesse
Adams.
CRC/Taylor & Francis, Boca Raton 2007.
ISBN978-0-8493-8207-6



Galo Nanotecnología : el desafío del siglo XXI
Soler Illia
Eudeba, 2009.
ISBN 978-950-23-1688-8