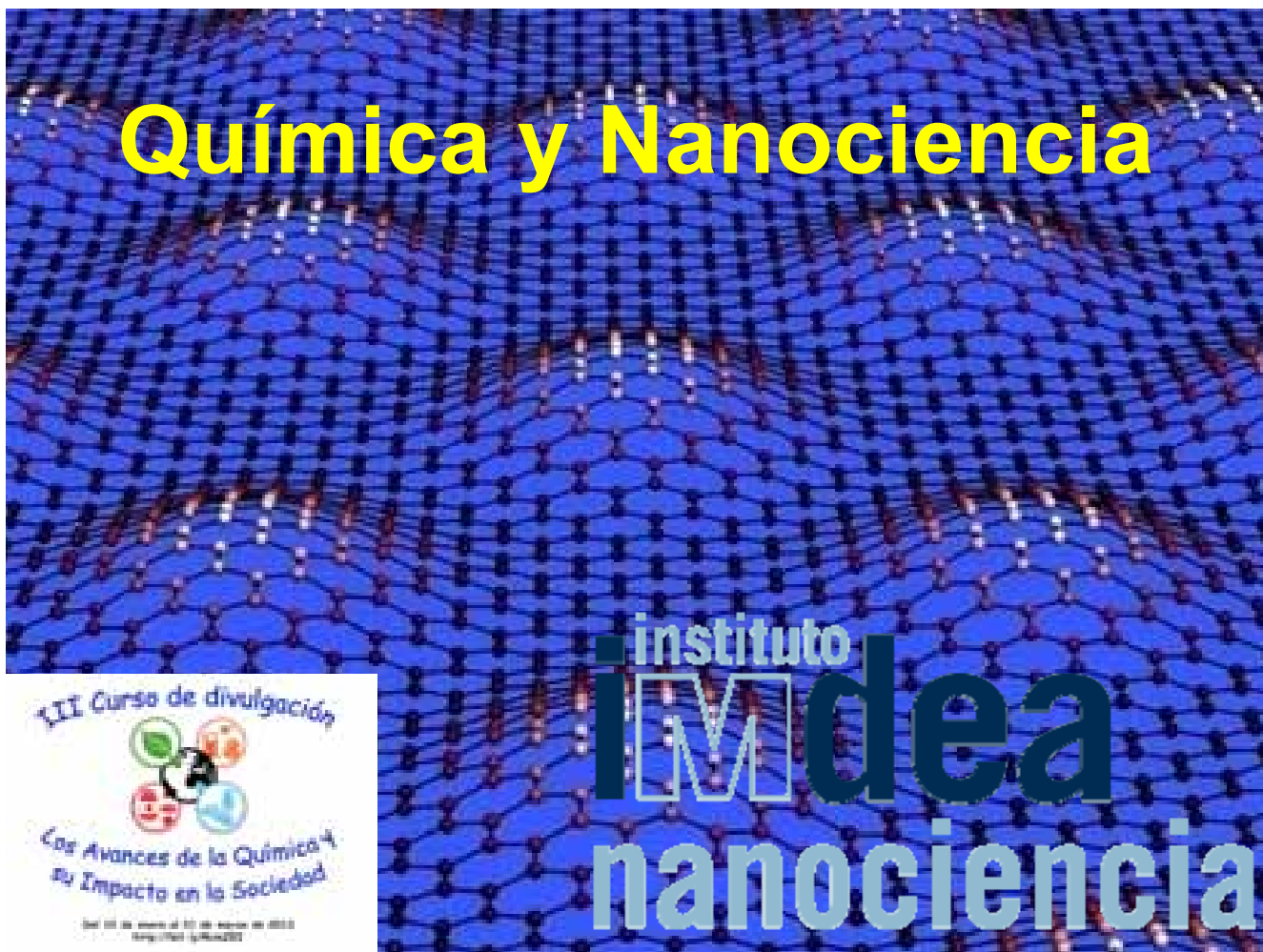


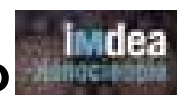
Química y Nanociencia



instituto
imdea
nanociencia



Nanociencia: la importancia de lo pequeño



→
100
millones

Pelo: 60-120 μm (120.000 nm)
Célula: 7-8 μm (8000 nm)



→
100
millones

1 nm
↔

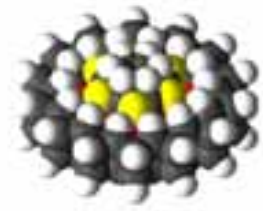


Nano = €

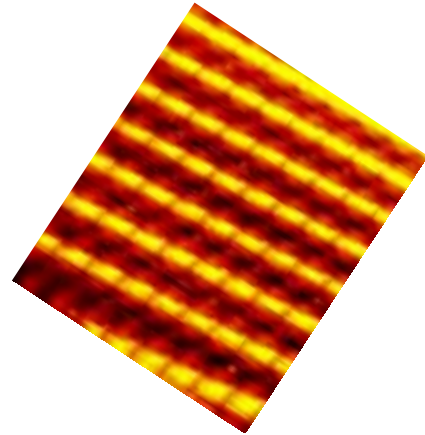
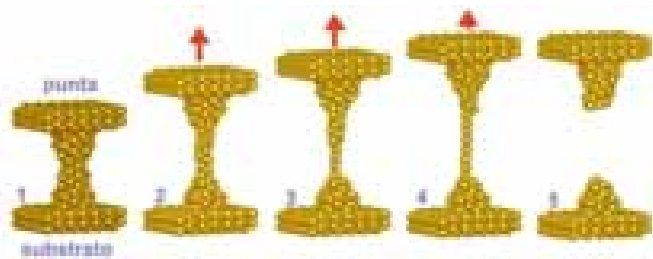


Química y Nanociencia

Contenido:

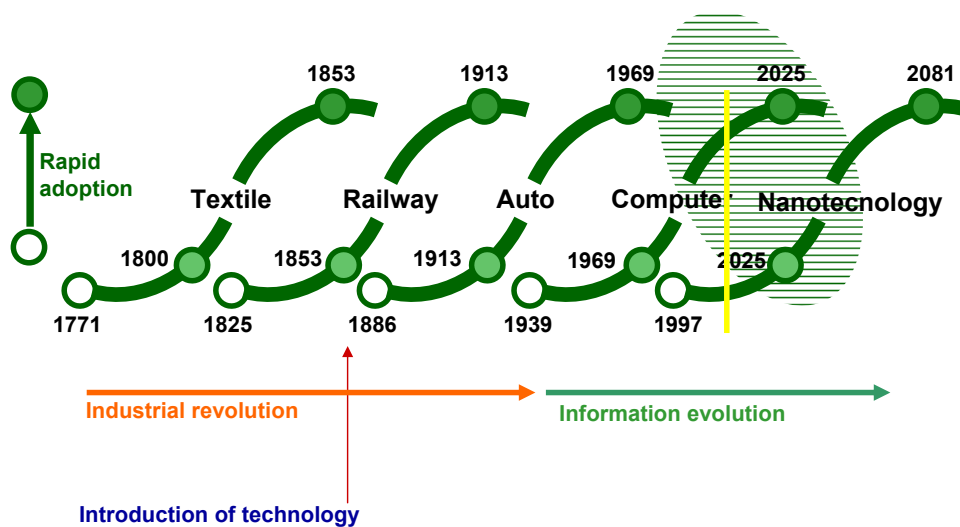


- Introducción a la Nanociencia.
- Posibles aplicaciones de la nanociencia
- Manipulando y ordenando moléculas sobre superficies sólidas

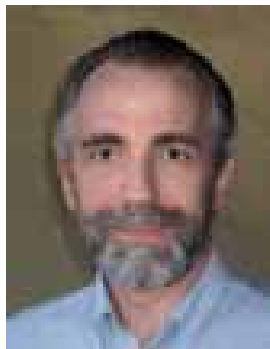


Long Waves of Innovation

Major conceptual advances that spur new industries occur about twice a century and lead to massive wealth creation



Today we are at the intersection of three major innovation advances: One nearing its end, one that will continue another 10-20 years, and one that is just starting. These innovation waves spur enormous investments and radically alter the economics of affected industries. As with the computer wave, the current one, "distributed intelligence" is affecting virtually all industries.



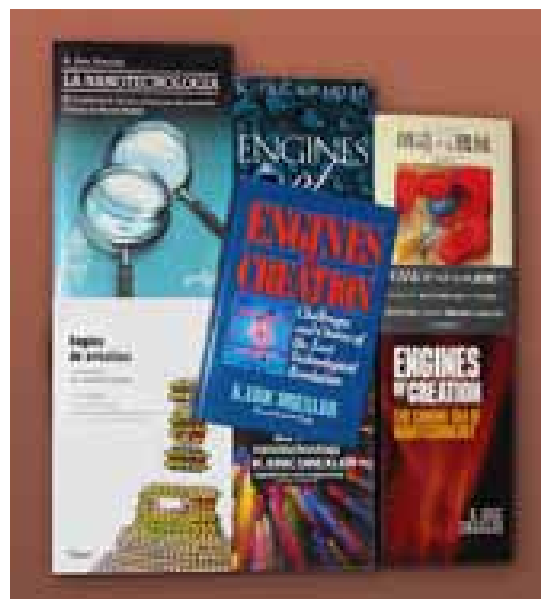
La nanociencia está unida desde la década de los 80 con Drexler y sus aportaciones a la "nanotecnología molecular", esto es, la construcción de nanomáquinas hechas de átomos y capaces de construir ellas mismas otros componentes moleculares.

K. Eric Drexler, PhD

Is a researcher, author, and policy advocate focused on emerging technologies and their consequences for the future. He pioneered studies of productive nanosystems and their products (nanotechnology). He has authored numerous technical publications on this topic as well as books including "Engines of creation: the coming era of nanotechnology" which first introduced the basic concepts to a general audience.

He was Chief Technical Advisor of Nanorex, a company developing software for the design and simulation of molecular machine systems. He is presently the president of the Foresight Institute.

In 1991 he received a doctoral degree in the field of molecular nanotechnology from MIT, the first degree of this kind.



Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology
Anchor Books, New York, 1986



CRONOLOGÍA DE LA NANOCIENCIA

Acontecimiento

Los años 40

Von Neuman estudia la posibilidad de crear sistemas que se auto-reproducen como una forma de reducir costes.

1959

Richard Feynmann habla por primera vez en una conferencia sobre el futuro de la investigación científica: "A mi modo de ver, los principios de la Física no se pronuncian en contra de la posibilidad de maniobrar las cosas átomo a átomo".

1966

Se realiza la película "Viaje alucinante" que cuenta la travesía de unos científicos a través del cuerpo humano. Los científicos reducen su tamaño al de una partícula y se introducen en el interior del cuerpo de un investigador para destroz el tumor que le está matando. Por primera vez en la historia, se considera esto como una verdadera posibilidad científica. La película es un gran éxito.

1985

Se descubren los buckminsterfullerenos

1989

Se realiza la película "Cariño he encogido a los niños", una película que cuenta la historia de un científico que inventa una máquina que puede reducir el tamaño de las cosas utilizando láser.

1996

Sir Harry Kroto, R. Kurl y R. Smalley ganan el Premio Nobel de Química por el descubrimiento de los fullerenos

1997

Se fabrica la guitarra más pequeña el mundo. Tiene el tamaño de un glóbulo rojo.

1998

Se logra convertir un nanotubo de carbono en un nanolapiz que se puede utilizar para escribir.

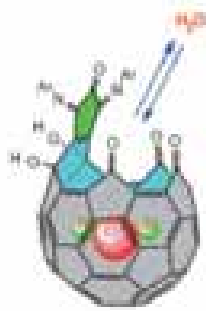
2001

James Gimzewski entra en el libro de récords Guinness por haber inventado la calculadora más pequeña del mundo.

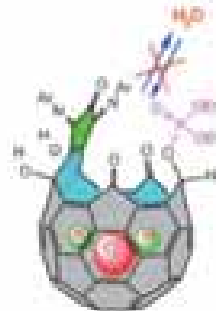


Químicos crean la botella de agua más pequeña del mundo (Nov. 2010)

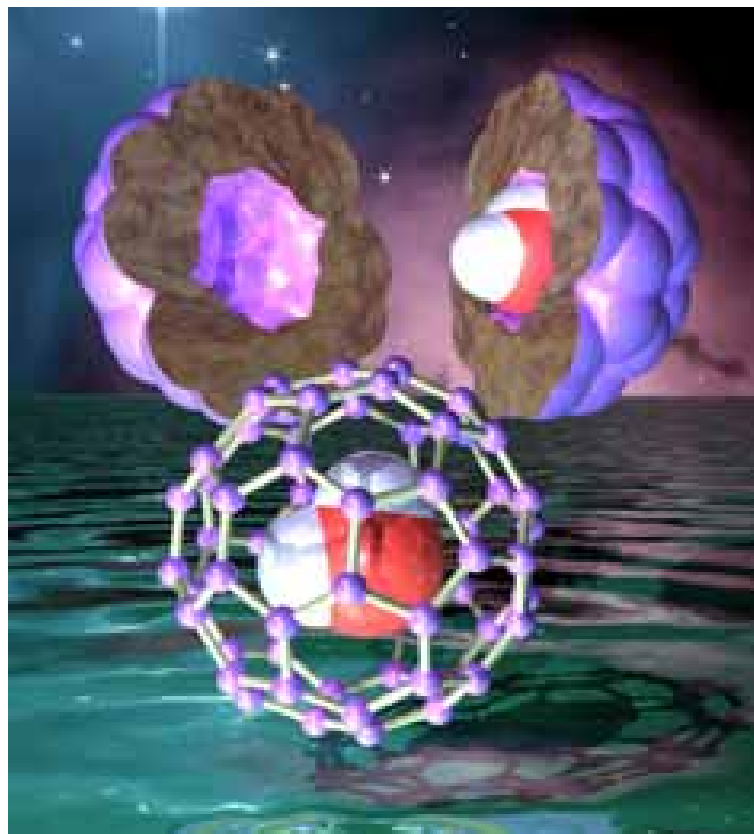
Abierta



Cerrada



Químicos crean la botella de agua más pequeña del mundo (Nov. 2010)



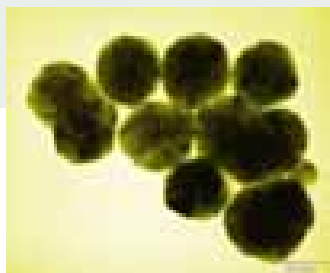
Acontecimientos relevantes en el desarrollo de la Nanotecnología



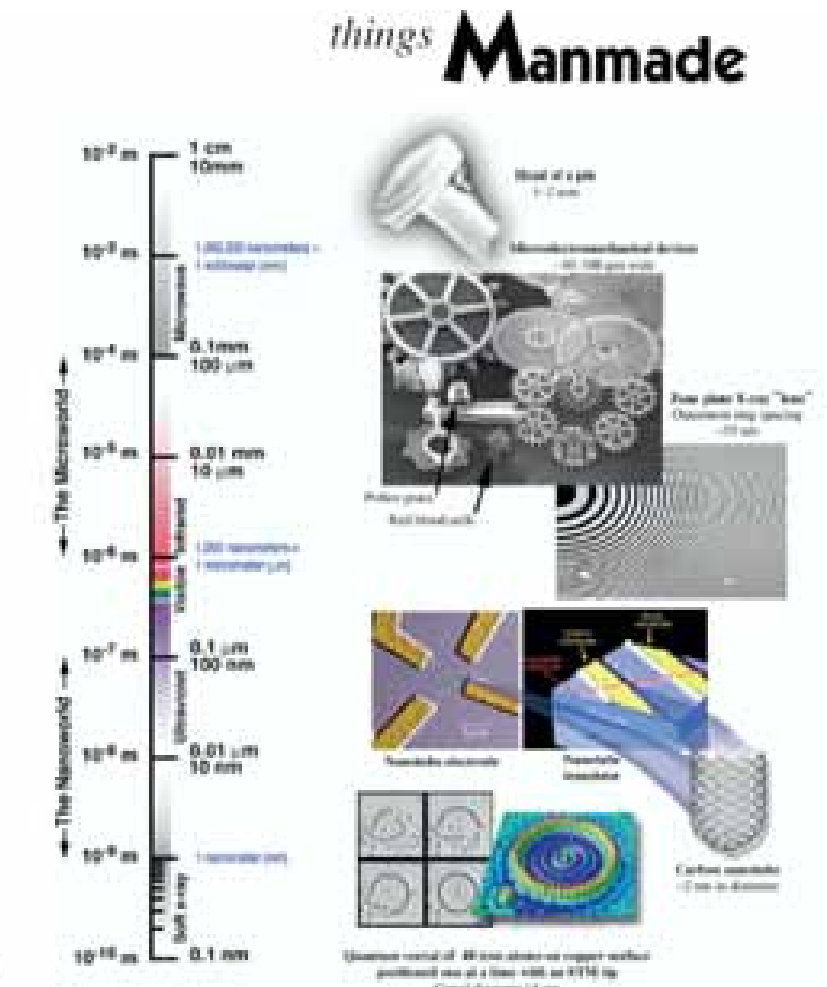
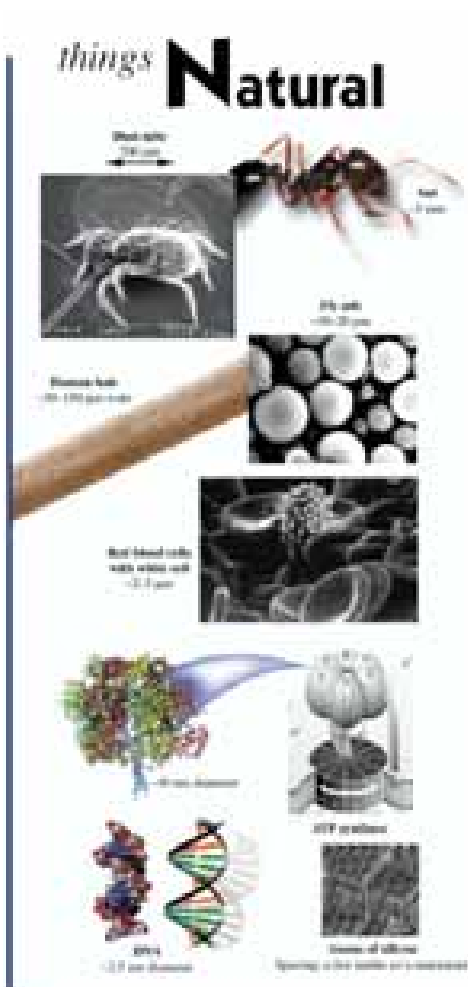
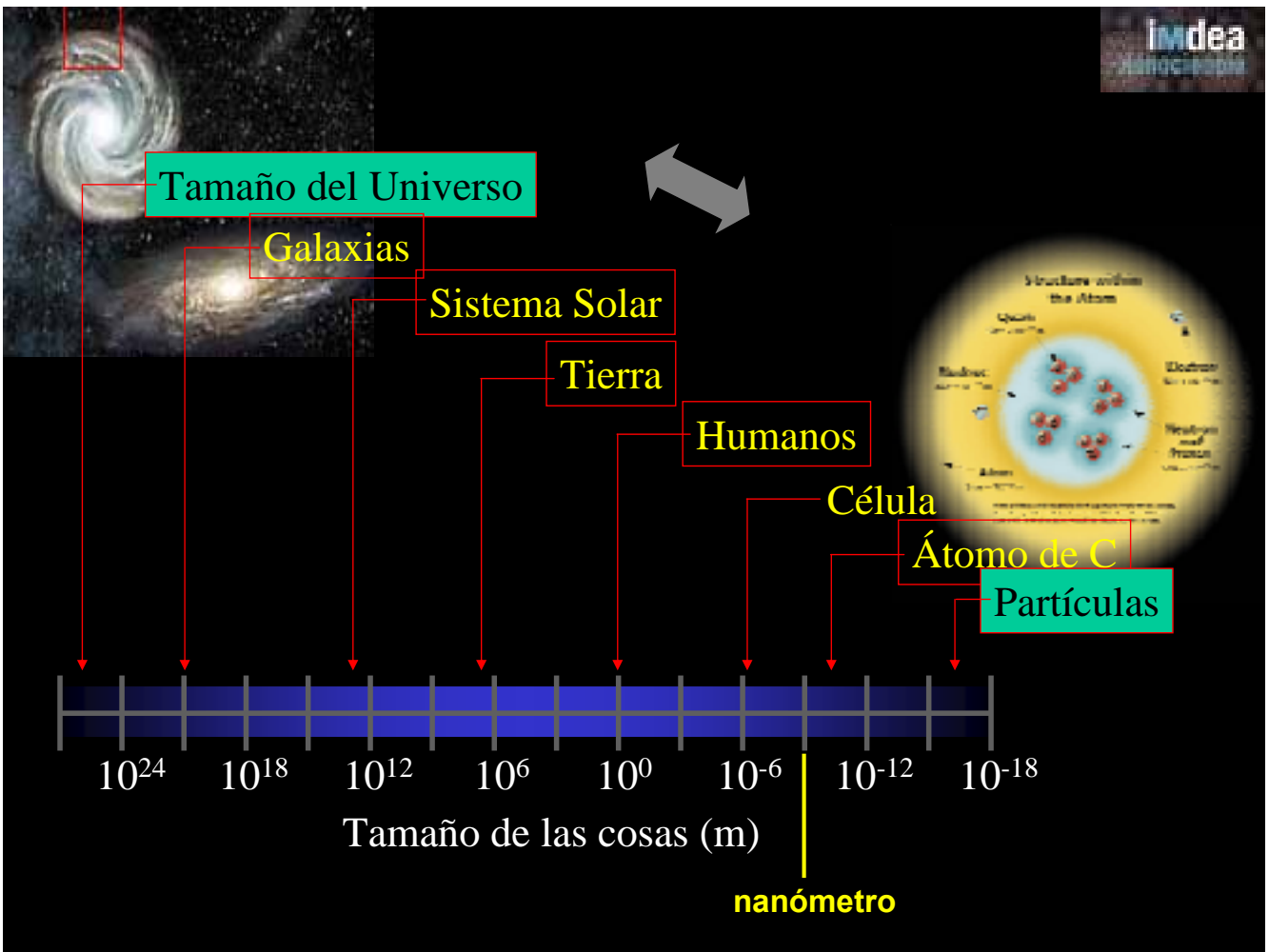
Año	Acontecimiento
1905	Albert Einstein publica un artículo en el que calcula el diámetro de una molécula de azúcar en aproximadamente un nanómetro.
1959	Richard Feynman da su famosa conferencia sobre miniaturización: "There is plenty of room at the bottom"
1968	Alfred Y. Cho y John Arthur de los Laboratorios Bell y sus colegas inventan la epitaxia molecular (molecular-beam epitaxy), una técnica que posibilita depositar un solo nivel atómico (atomic layers) en una superficie.
1974	Norio Taniguchi concibe la palabra "nanotecnología" refiriéndose al trabajo con materiales de menos de un micrón.
1981	El verdadero nacimiento de la Nanociencia y la Nanotecnología se produce con la invención del microscopio de efecto túnel por Binnig y Rohrer.
1985	Robert F. Curl Jr., Harold W. Kroto y Richard E. Smalley descubren la "buckminsterfullerenos", también conocidos como "buckyballs" de alrededor de un nanómetro de diámetro.
1991	Sumio Iijima de NEC en Tsukuba, Japón, descubre los nanotubos de carbono.
1998	El grupo de trabajo de Cees Dekker de la Universidad Delft de Tecnología en los Países Bajos crea un transistor a partir de un nanotubo de carbono.
1999	James M. Tour, ahora de la Universidad Rice, y Mark A. Reed de la Universidad de Yale demostraron que las moléculas individuales pueden actuar como interruptores moleculares (molecular switches).
2000	La administración de Clinton anuncia la Iniciativa Nacional en Nanotecnología, la cual, además de financiar ese campo de la investigación en EUA, también da un gran impulso a las expectativas que ésta genera. Los laboratorios Luncent y Bell, en alianza con la Universidad de Oxford, crean el primer nanomotor de ADN.
2002	IBM logra desarrollar un dispositivo de almacenamiento de información con capacidad de 1 billón de bits por pulgada cuadrada o lo que sería un disco duro de unos 100 gigas. Para agosto, esa misma multinacional informa que desarrolló un microscopio electrónico con capacidad para observar el radio de un solo átomo de hidrógeno.

Efectos de tamaño cuántico y su importancia para la reactividad y estabilidad de nanoestructuras

En la base misma de la **nanociencia** está el concepto de que la materia muestra nuevas propiedades si reducimos su tamaño, por debajo de una cierta longitud crítica. Detrás de este concepto esta el hecho de que el confinamiento electrónico produce la aparición de un conjunto nuevo de estados cuánticos discretos, llamados **Estados de Pozo Cuántico**, cuya ocupación secuencial por los electrones resulta en que muchas propiedades físicas oscilen con el tamaño del objeto. Esto es lo que se conoce como Efectos de Tamaño Cuántico: Aquí se describen efectos de este tipo en lo que refiere a la reactividad química y a la estabilidad de nanoestructuras.



Nos interesa, más que su concepto, lo que representa potencialmente dentro del conjunto de investigaciones y aplicaciones actuales cuyo propósito es crear nuevas estructuras y productos que tendrían un gran impacto en la industria, la medicina, etc..



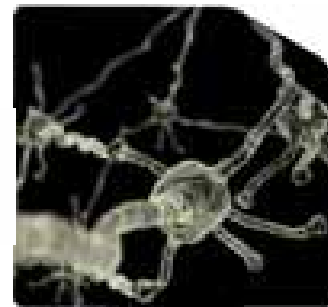


What is nanotechnology?

One answer is available in the European Commission Communication “Nanosciences and Nanotechnologies: An action plan for Europe 2005-2009”, of June 2005:

“Nanosciences and Nanotechnologies (N&N) are new approaches to research and development that concern the study of phenomena and manipulation of materials at atomic, molecular and macromolecular scales, where properties differ significantly from those at a larger scale.”

Nanoscience and Nanotechnology is the understanding and control of matter at dimensions of roughly 1 to 100 nanometers, where unique phenomena enable novel applications. Encompassing nanoscale science, engineering and technology, nanotechnology involves imaging, measuring, modeling, and manipulating matter at this length scale. Nanotechnology R&D is directed toward understanding and creating improved materials, devices, and systems that exploit these new properties.



Nanotechnology Approaches

Top-down Approach
Creating nano-objects from macro-objects
(Photolithography, nanolithography)



A clean room for the top-down fabrication of microelectronic circuits.

The miniaturization of components for the construction of useful devices and machines is currently pursued by the top-down approach. This approach, which leads physicists and engineers to manipulate progressively smaller pieces of matter by photolithography and related techniques.

Top-down approach is subject to drastic limitations for dimensions smaller than 100 nm...



Silicon and Moore's Law

- **Heat dissipation**

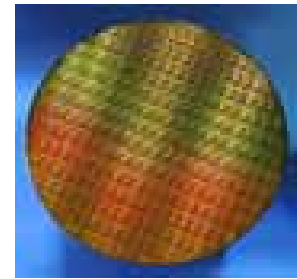
One 500 MHz microprocessor with 10 millions transistors emits around 100 watts.

- **Methods of fabrication (photolithography).**

The size of the devices is roughly limited to the half of the wavelength of the light used in the lithographic process.

- **"Silicon limit".**

Below 50 nm, it is not possible doping silicon in a uniform way (this is the limit for a bulky behaviour).

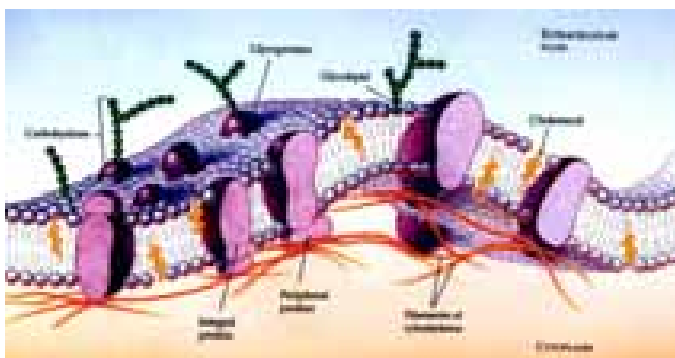


Nanotechnology Approaches

Top-down Approach
Creating nano-objects from macro-objects
(Photolithography, nanolithography)



A clean room for the top-down fabrication of microelectronic circuits.



A cell membrane. The membrane is made of a self organizing lipid bilayer. Various structures can be embedded into the lipid bilayer.

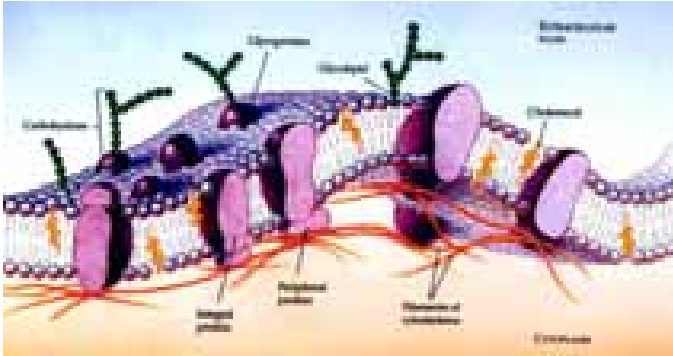
Bottom-up Approach
• Handling atoms and molecules (Tunnel effect microscopy)
• Chemical Self-assembly of atoms and molecules (supramolecular chemistry)



Nanotechnology Approaches



The bottom-up approach is largely the realm of nanoscience and nanotechnology. This is the reason why chemists, being able to manipulate atoms and molecules, are in an ideal position to contribute to the development of nanoscience and nanotechnology.



A cell membrane. The membrane is made of a self organizing lipid bilayer. Various structures can be embedded into the lipid bilayer.

Bottom-up Approach

- Handling atoms and molecules (Tunnel effect microscopy)
- Chemical Self-assembly of atoms and molecules (supramolecular chemistry)



Why Molecules?



- **Molecules are small**

Compared with a typical transistor (~ 180 nm), molecules are 30.000 times smaller.

- **Confined electrons in molecules**

In contrast to silicon where electrons can move from a band to another, electrons show quantum energies (only a limited number of energies allowed).

- **Molecules are flexible**

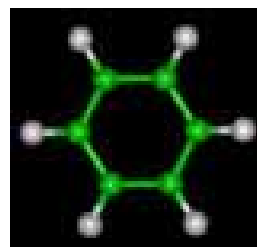
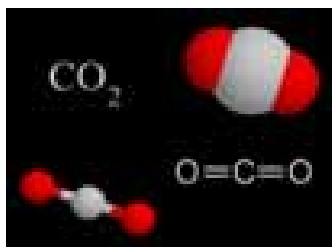
Conjugation and, therefore, conduction can be tuned (on/off) by controlling the molecular conformation, thus controlling the electron flow.

- **Molecules are identical**

Molecules are obtained as defective free and in huge amounts.

- **Suitably functionalized molecules can self-assemble**

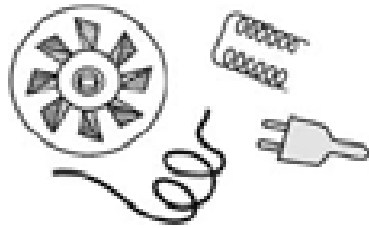
They are able to create supramolecular architectures thus forming identical devices.





What is a Molecular Device?

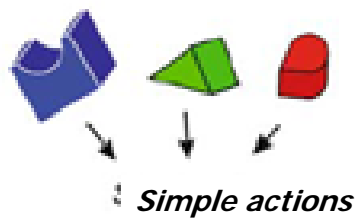
Macroscopic components



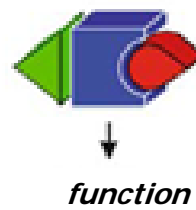
Macroscopic device



Molecular components



Molecular device



Aproximación de arriba-abajo (top-down)



Ciudad de Petra, 312 aC
Capital de los Nabateos



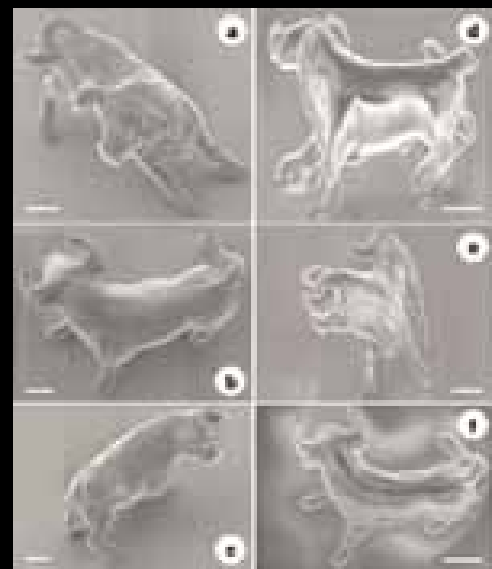
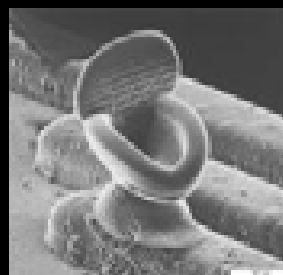
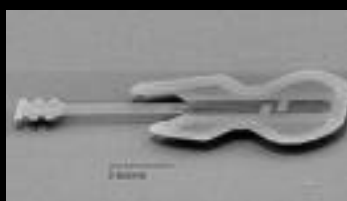


Método de arriba-abajo (top-down)

Fotolitografía

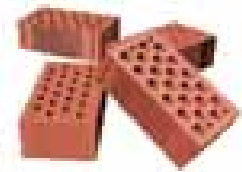
Miniaturización de objetos

El toro micrométrico de Kawata, del tamaño de los glóbulos rojos, ha sido obtenido mediante fotopolimerización de una resina (Nature 2001).





Metodo de abajo hacia arriba (bottom-up)



Bottom-up Approach



Elemental Ingredients of a Human Being



- An oxygen pump, other of hydrogen and another of nitrogen
- Some kilos of carbon and calcium
- Some grams of sulfur, phosphorous, iron and magnesium
- Small pinches of another 20 chemical elements



Elemental Ingredients of a Human Being



- An oxygen pump, other of hydrogen and another of nitrogen
- Some kilos of carbon and calcium
- Some grams of sulfur, phosphorous, iron and magnesium
- Small pinches of another 20 chemical elements



NANOTECNOLOGIA

Construyendo el mundo
átomo a átomo, molécula a
molécula



La nanotecnología, ¿un fenómeno nuevo ?



La copa de Licurgo

Color cambiante de la Copa de Licurgo (verde con luz reflejada y rojo con luz transmitida) y una de las nanopartículas de Au que contiene el vidrio del que está hecha

IV century AD,
British Museum



Au and Ag nanoparticles,
60-70 nm in diameter

Licurgo, en un ataque de locura, mató a su hijo Drías, confundiéndolo con una cepa de vid, y su país quedó yermo en señal de luto. Sólo al morir Licurgo volvió a florecer la tierra



Rosetón de la Iglesia de San Felipe (Brihuega, s.XIII)



La primera fotografía en color fue realizada por James Clark Maxwell, universalmente recordado por sus contribuciones a la teoría electromagnética, la cual, a su vez, tuvo una importancia trascendental para que en 1908 Gustav Mie explicara por qué el color de los vidrios dependía del tamaño y composición de las nanopartículas incluidas en ellos.



Vidrieras medievales y nanopartículas



Deep red colors in some stained glass windows created during the Middle Ages were the result of **surface plasmons**, an electronic state of gold nanoparticles in the glass.



Espadas de Damasco y Nanotubos de carbono

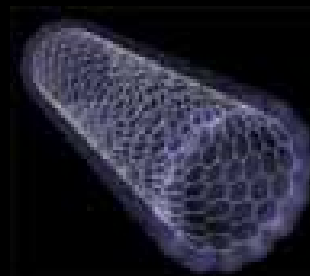


The Key Role of Impurities in Ancient Damascus Steel Blades
J.D. Yehouves, A.H. Peadar, and W.E. Daskarh

The art of producing the famous 16–18th century Damascus steel blades found in many museums runs long ago. Recently, however, research has established strong evidence supporting the theory that the distinct surface patterns on these blades result from a carbide-banding phenomenon produced by the microsegregation of minor amounts of carbide-forming elements present in the source ingots from which the blades were forged. Further, it is likely that most Damascus blades with damascene patterns may have been produced only from source ingots supplied from those regions of India having appropriate impurity-containing ore deposits.

INTRODUCTION

The ancient and unique surface of steel blades displays examples of Damascus steel. These blades are of the damascene type, patterned with the characteristic damascene, both of which are approximately first produced in the 16th century. These blades have a complex, attractive surface pattern, consisting of a network of light-colored, wavy, and irregular lines on a dark background. The damascene blades were produced by forging alternating sheets of high and low-carbon steels. This complex pattern is formed and large-scale, but the field's large-scale was dependent on a large number of factors, including the type of Damascus steel, the forging process, and the cooling rate. The damascene blades are a unique and valuable artifact, although a complex surface pattern is also known. The same Dam-



From the last 10 years, there has been a considerable increase in the number of publications that have been devoted to the study of the key role of impurities in the production of ancient Damascus steel blades. This study is a review of the key role of impurities in the production of ancient Damascus steel blades. The authors are grateful to the National Research Council of the National Research Council.



Properties that depend on the size and quantum wells state



The presence of functional devices and structures of nanometric scale have been in the Earth since the existence of life

The **Avalon mollusc shell**, very common in the Caribbean see, is extremely hard. Is formed by nanostructured blocks of calcium carbonate “glued” by a mixture of carbohydrates and proteins. It is a proof that nanostructured materials are mechanically more resistant. Human beings have used these materials since a long time ago.



PREMIO NOBEL DE QUÍMICA 2007

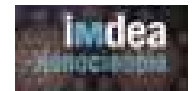


Los procesos catalíticos vistos con detalle atómico. Las investigaciones básicas de Gerhard Ertl sobre procesos en superficies sólidas tienen múltiples aplicaciones directas



Gerhard Ertl paseó por el jardín del Instituto Fritz-Haber de Berlín tras ser galardonado con el Nobel de Química 2007.

Nazarío Martín León y Enrique García Michel.
EL PAÍS, FUTURO
miercoles 17 de octubre de 2007

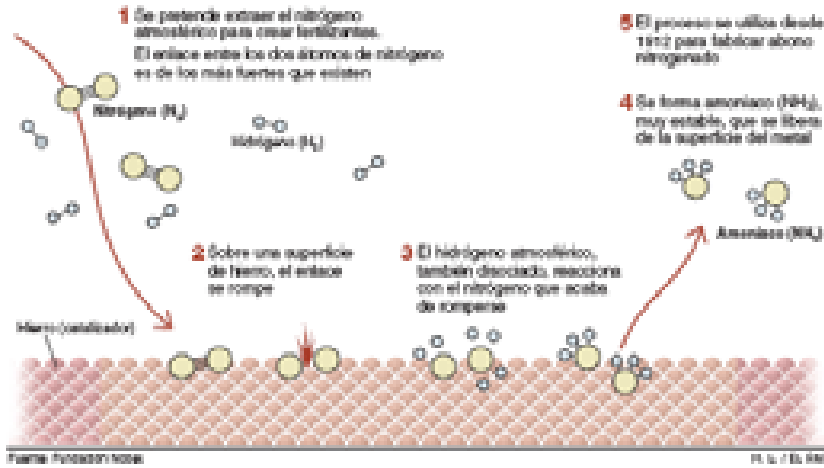


PREMIO NOBEL DE QUÍMICA 2007

Se considera con razón a Gerhard Ertl uno de los creadores de una nueva disciplina, la fisicoquímica de superficies sólidas, que involucra por igual a físicos y químicos.

El proceso Haber - Bosch

El nitrógeno del aire se convierte en amoníaco mediante un catalizador de hierro. Es una reacción reversible que fue estudiada por primera vez en detalle por Gerhard Ertl.

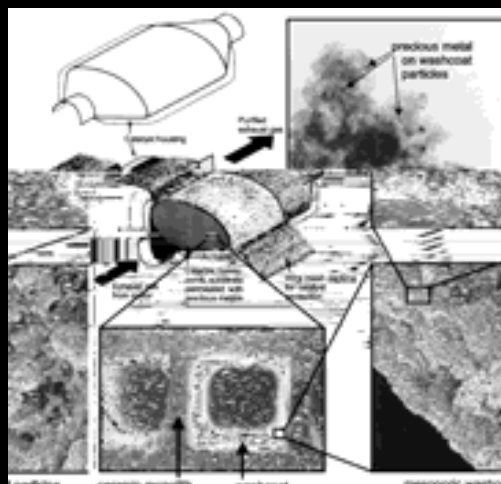
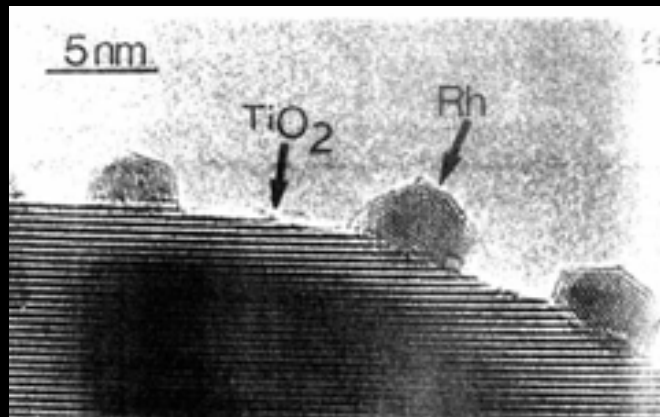


La investigación básica y la aplicada configuran las dos caras de una misma moneda y, por tanto, son indisolubles.



GERHARD ERTL

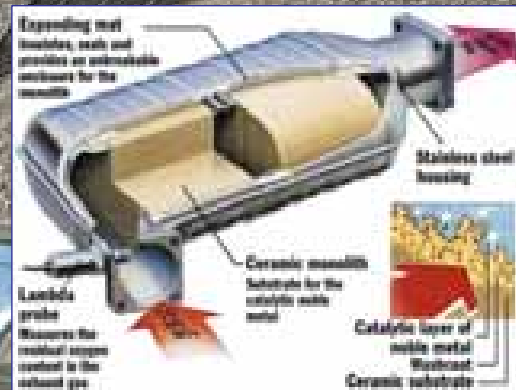
Premio Nobel de Química 2007



Combustibles petroquímicos

Convertidores catalíticos

Los convertidores catalíticos de dos etapas se introdujeron en 1975 para controlar las emisiones de monóxido de carbono e hidrocarburos. Luego se introdujo la tercera etapa para limpiar los óxidos de nitrógeno de los tubos de escape. La forma en que los convertidores catalíticos funcionan es produciendo una serie de reacciones químicas alrededor del metal, usualmente un catalizador de platino. Los óxidos de nitrógeno se convierten en gases de nitrógeno y oxígeno, el monóxido de carbono se convierte en dióxido de carbono y los hidrocarburos sin quemar en agua y dióxido de carbono.



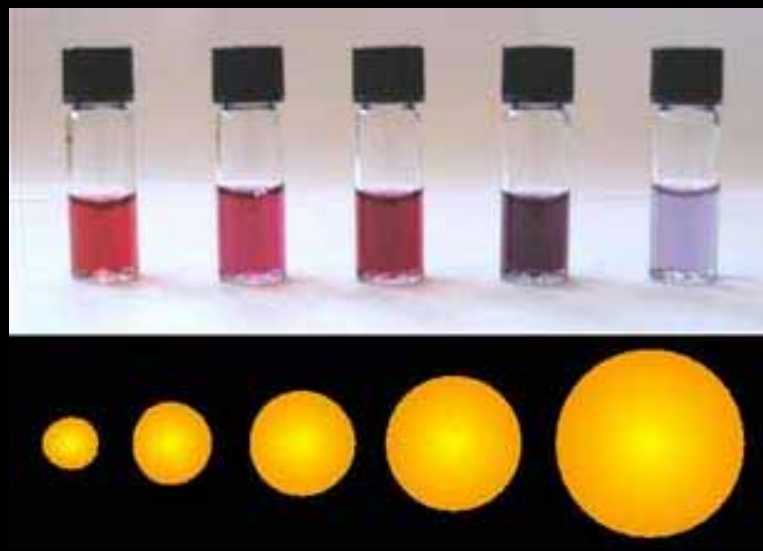
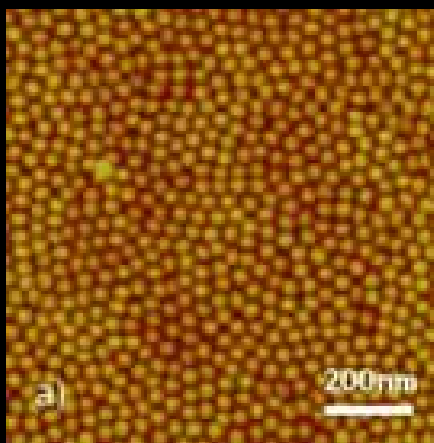
Convertidor catalítico de tres etapas



Three-Stage Catalytic Converter



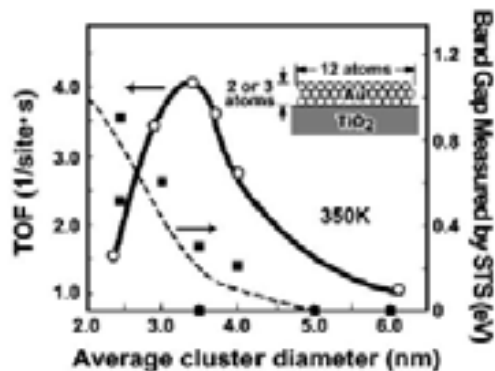
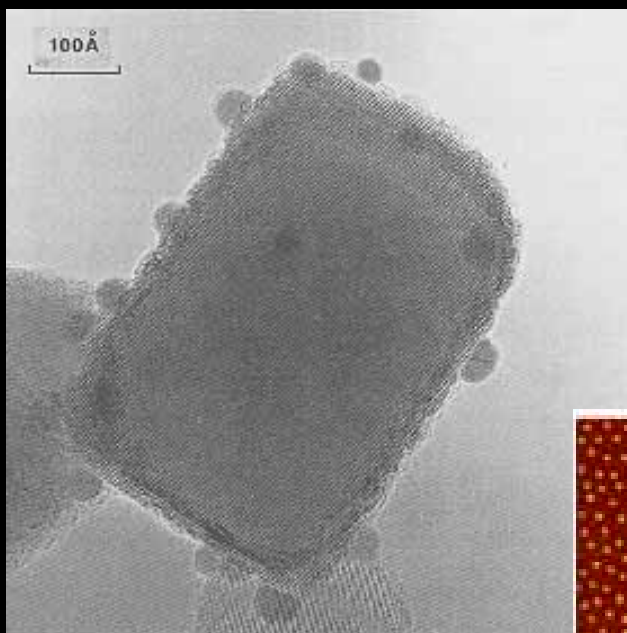
¿De qué color es el oro?



• ¿Por qué?

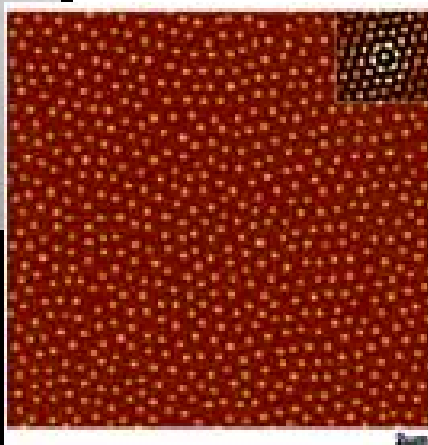
- Materiales de distinto tamaño reflejan y absorben la luz de un modo diferente

Au nanoparticles (3-5 nm) are active for CO oxidation at 200 K

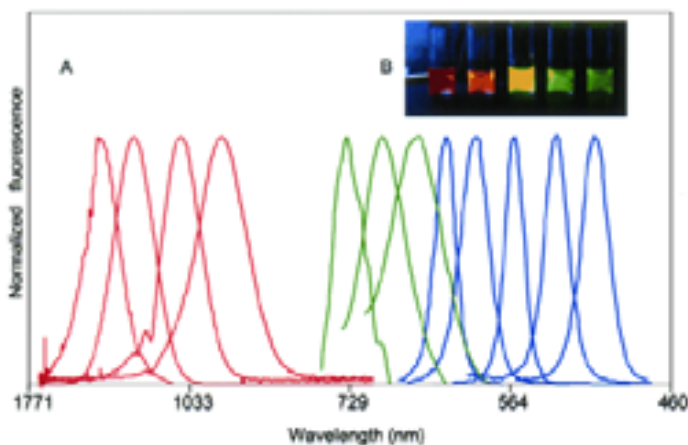


Au/TiO₂

Masatake Haruta, Osaka



Semiconductor nanocrystals as fluorescent biological labels



In As InP CdSe
6.0-2.8 nm 4.6-3.0 nm 4.6-2.1 nm

Mouse 3T3 fibroblasts

Viaje al nanocosmos

El átomo: viejas ideas y nuevas realidades



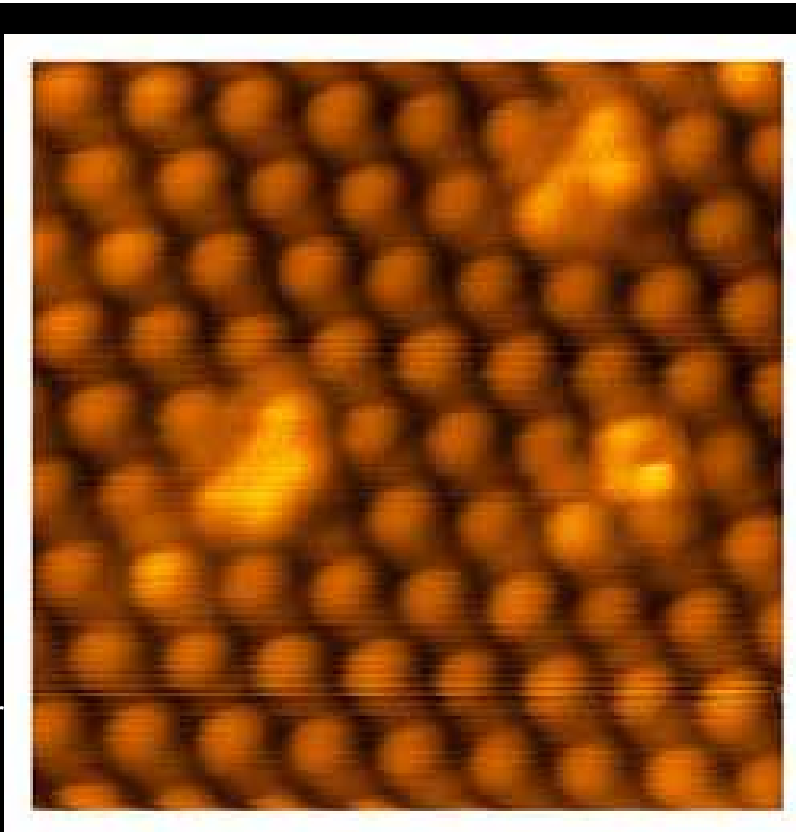
Demócrito



Gerd Binnig

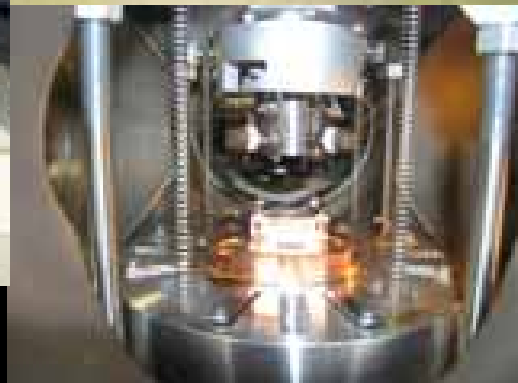


Heinrich Rohrer



Nobel prize in Physics in 1986
"for their design of the
Scanning Tunneling Microscope"

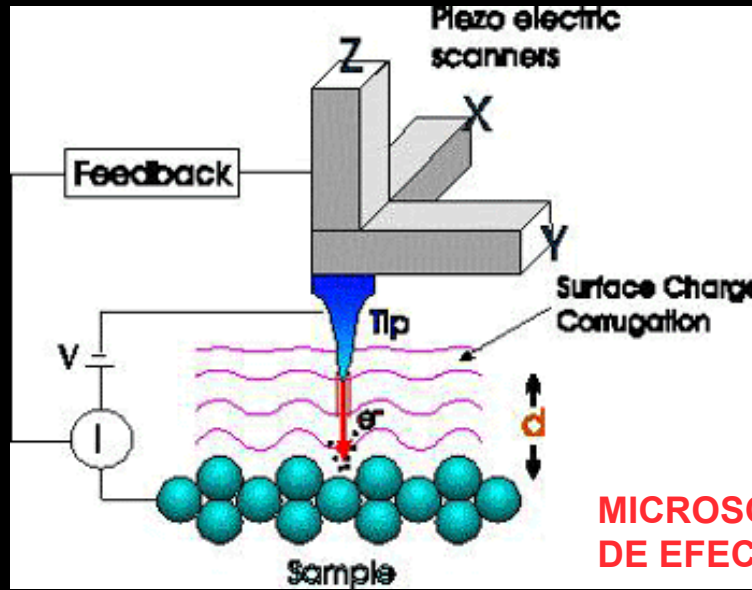
ULTRA HIGH VACUUM CHAMBER



**SCANNING TUNNELING
MICROSCOPE**



Manipulación de átomos: Ver y mover átomos

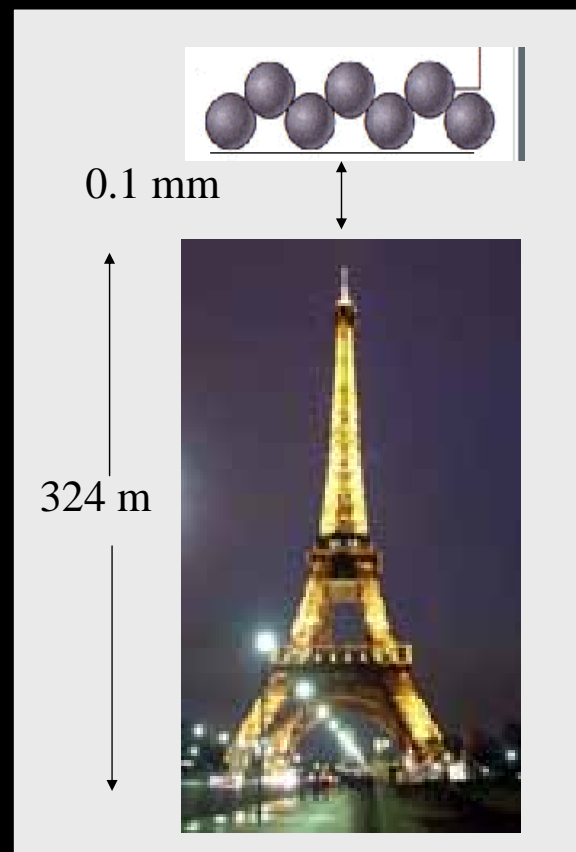
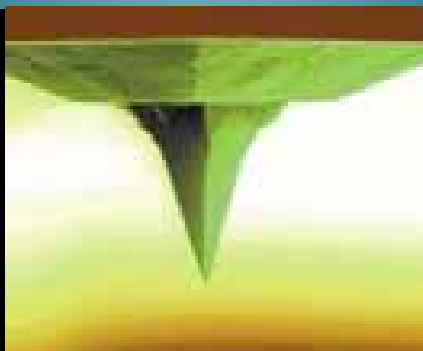
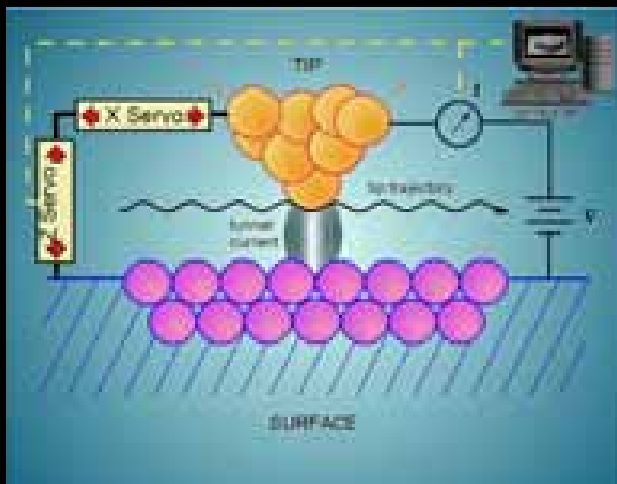


MICROSCOPIO DE EFECTO TUNEL

La ventana al nanomundo



Scanning Tunneling Microscope (STM)

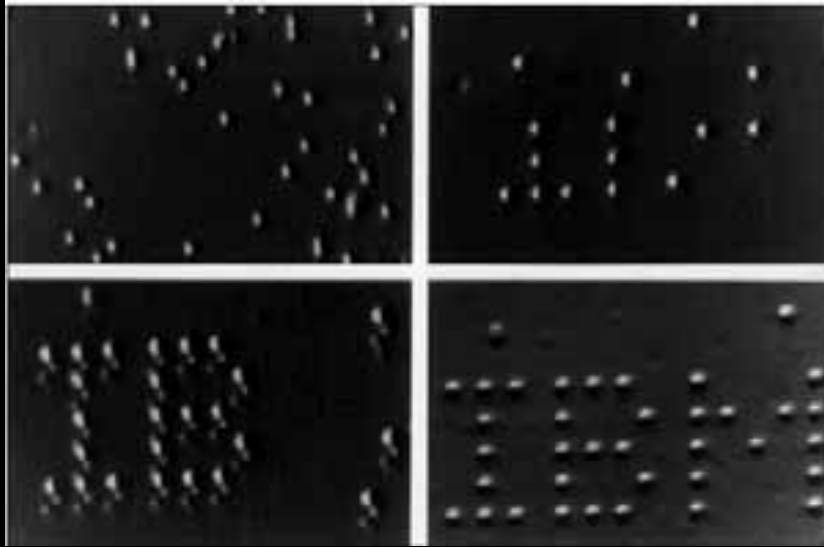




Método de abajo hacia arriba (bottom-up)



Escribir con átomos (IBM 1989)

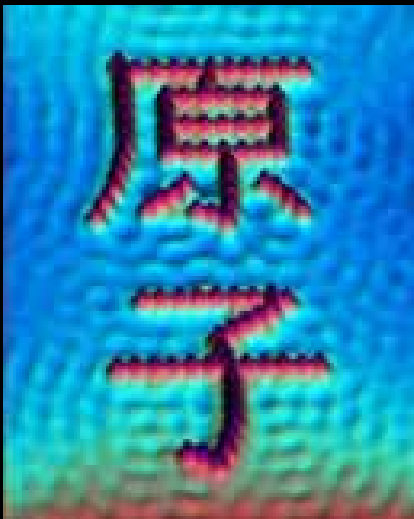


Átomos de xenón sobre una superficie de níquel (-270 °C)
Se podían construir cosas a nanoescala !!!

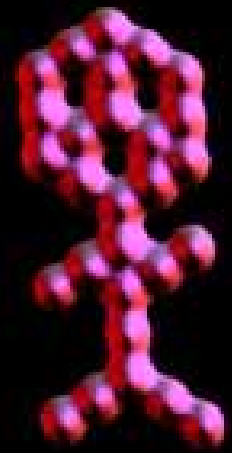
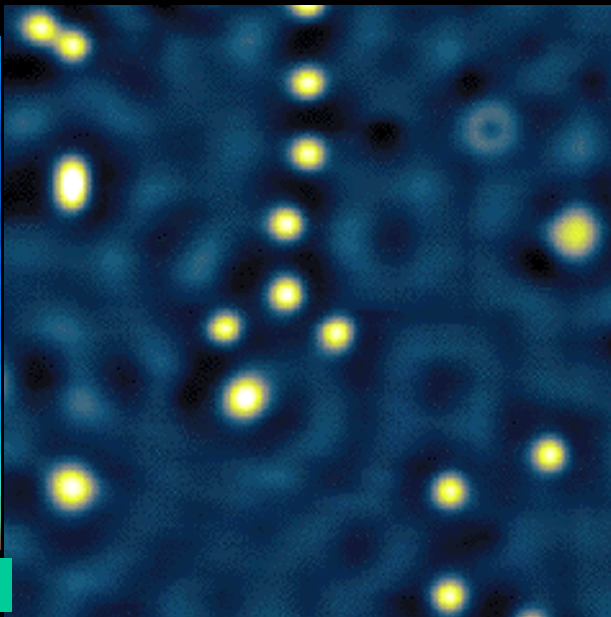
IBM, San José (California)



Manipulando átomos y moléculas en superficies



Átomos de Fe en Cu(111)

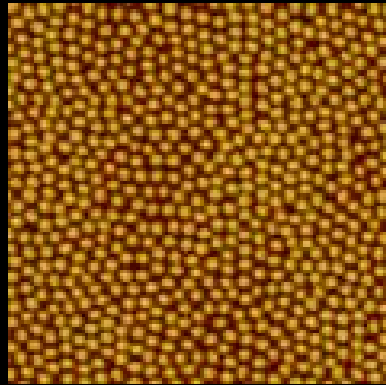


Moléculas de CO en Pt(111)

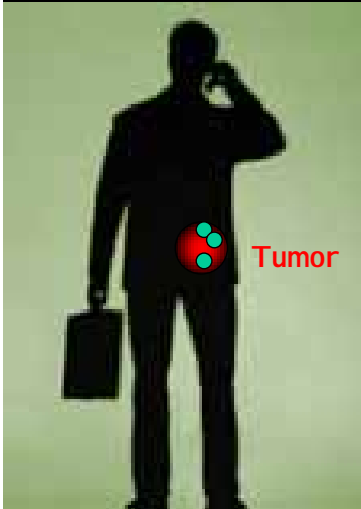


NANOMAGNETISM

Self-organized growth of magnetic nanodots



Toshiba, 2004— 4 Gb Drive.

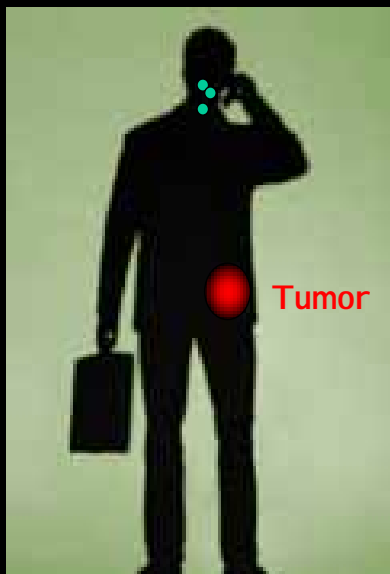


ADVANCED MAGNETIC STORAGE
ORDERED CATALYTIC REACTORS

Magnetic nanoparticles

HYPERTHERMAL CANCER TREATMENT
ADVANCED CONTRAST AGENTS

Tratamiento de tumores mediante hipertermia

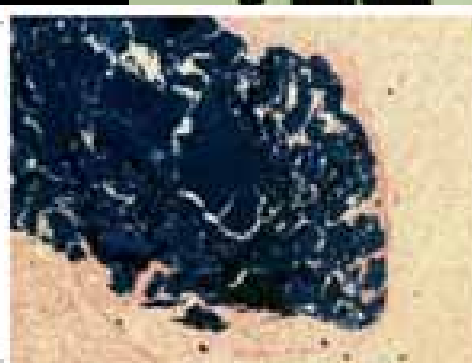
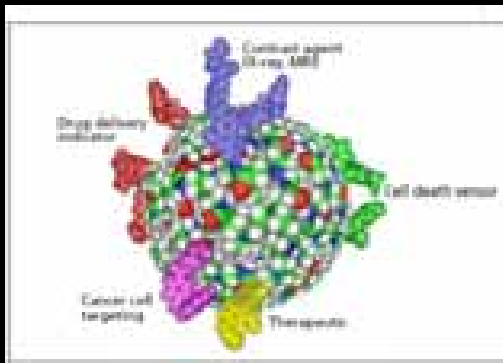
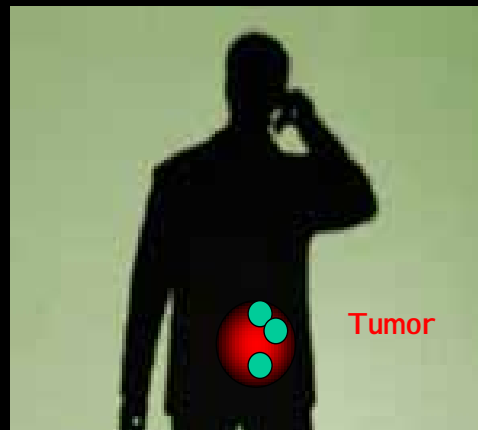
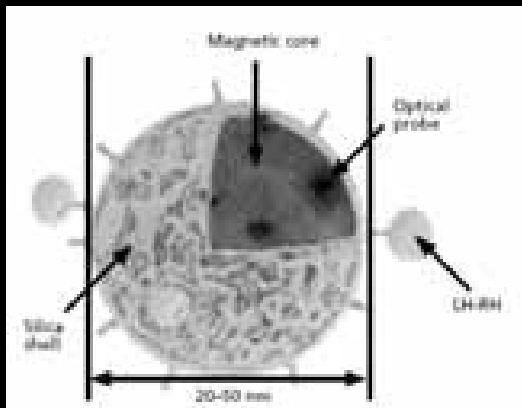


Nanopartículas magnéticas

Magnetic nanoparticles

HYPERTHERMAL CANCER TREATMENT

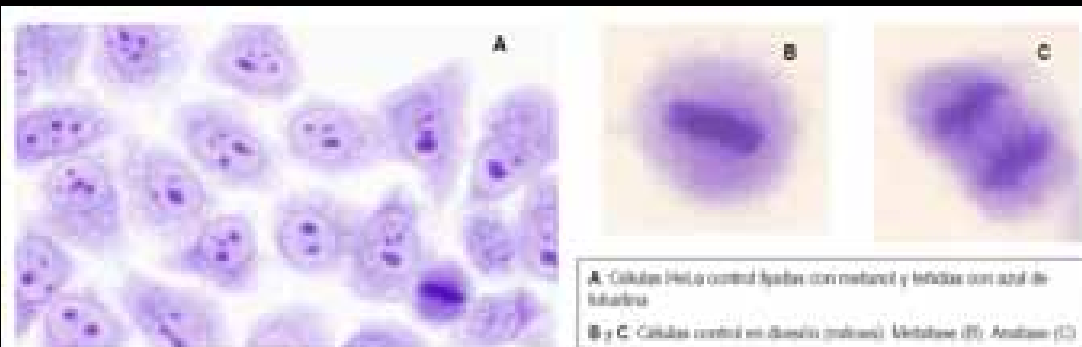
ADVANCED CONTRAST AGENTS



Las células cancerígenas de un tumor control, tipo glioblastoma "no tan agresivo", hasta el tumor con el tejido sano, de nanopartículas de óxido de hierro con un recubrimiento especial. Si las partículas se encuentran mediante un campo electromagnético, se puede a continuación tratar el tumor.

NANOPÁRTICULAS MAGNÉTICAS PARA APLICACIONES BIOMÉDICAS

Línea celular HeLa (células tumorales epiteliales humanas)



A - Células HeLa control (puestas con metanol y teñidas con azul de cristal violeta)
B y C - Células control en divisione (metafase (B) Anafase (C))



A - Células HeLa incubadas 24h con 5 μg/ml de DOX, 20h después de la incubación. Las células contienen partículas de DOX. La cantidad de gránulos parece mayor en las células situadas en la periferia de la microcolonia. B - Algunas de las células del interior de las microcolonias contienen menos gránulos.
C - Célula en metafase. D - Célula en anafase.

Resumen: El DOX no parece tóxico para las células HeLa que lo internalizan ya que continúan dividiéndose.



NANOTECNOLOGIA

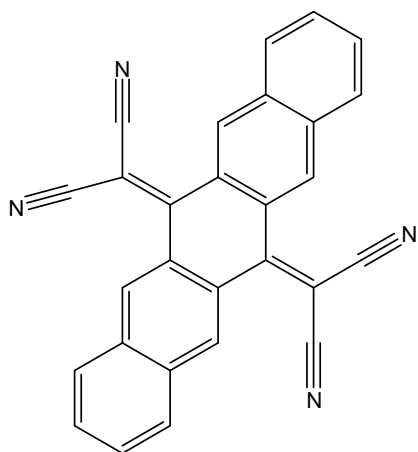
Imdea
ANNOCIAMBI

Construyendo el mundo átomo a
átomo, molécula a molécula

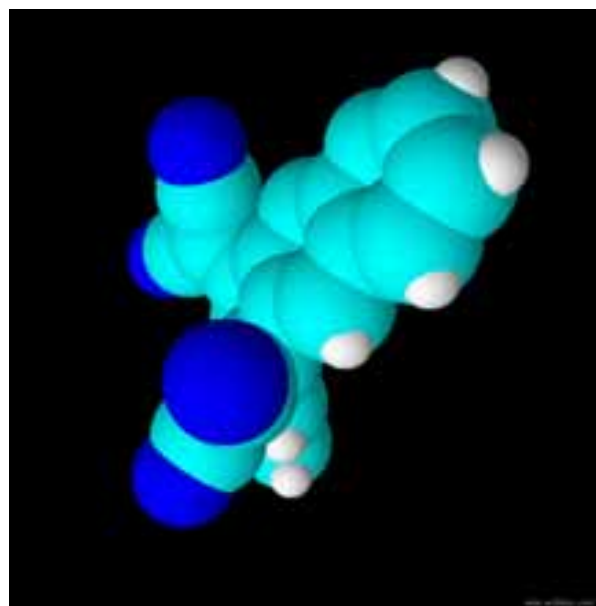


Polymerization of an electron acceptor “molecule to molecule”

Imdea
ANNOCIAMBI



TCPQ



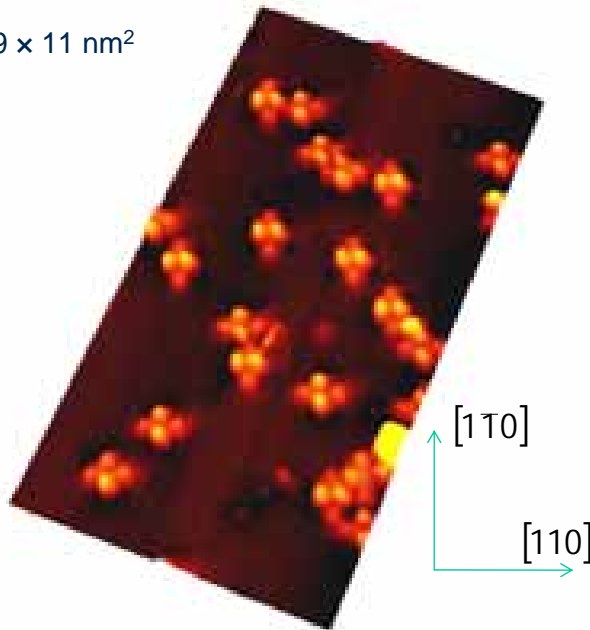
- Already bent in the right bonding geometry because of steric hindrance.
- Long aromatic platform forces alignment with close-packed directions.



Adsorption of TCPQ on Cu(100)



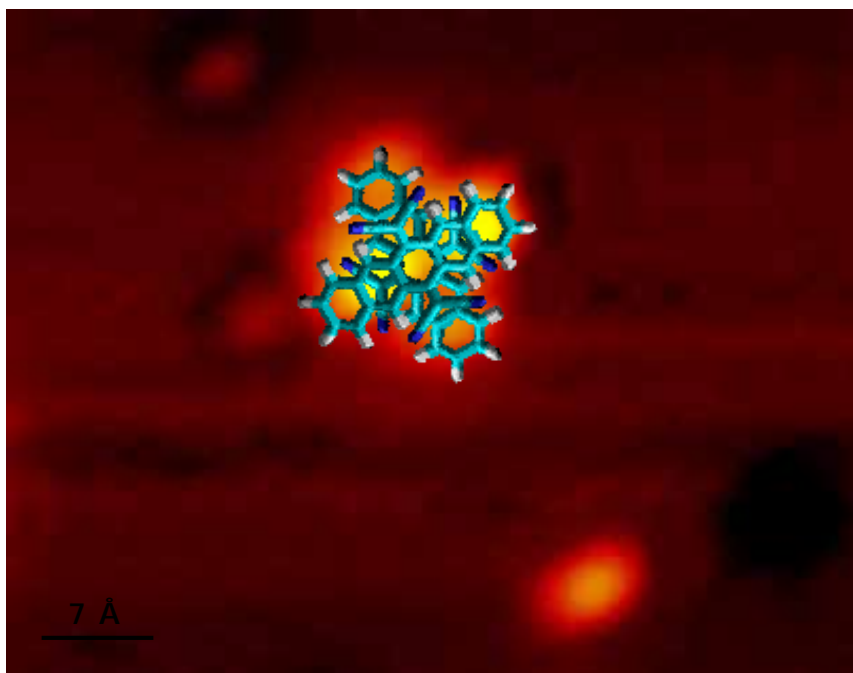
19 × 11 nm²



- No aggregation
- Two bright lobes + Two dim lobes
- Aligned with close-packed directions of the substrate

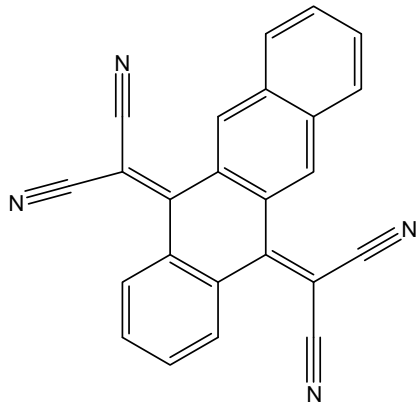


What is what?

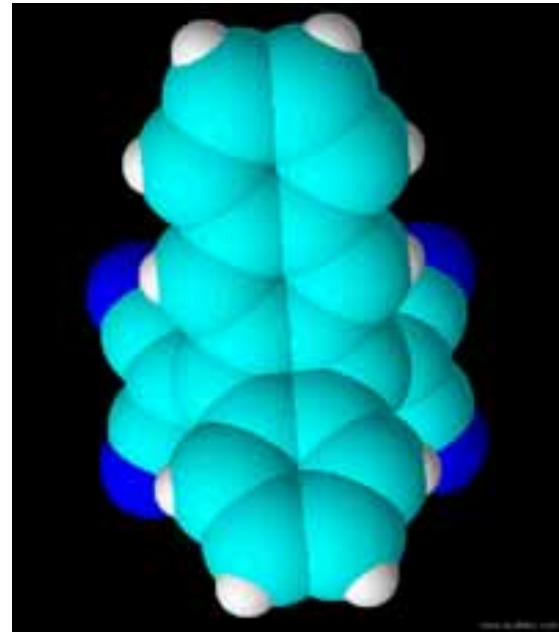




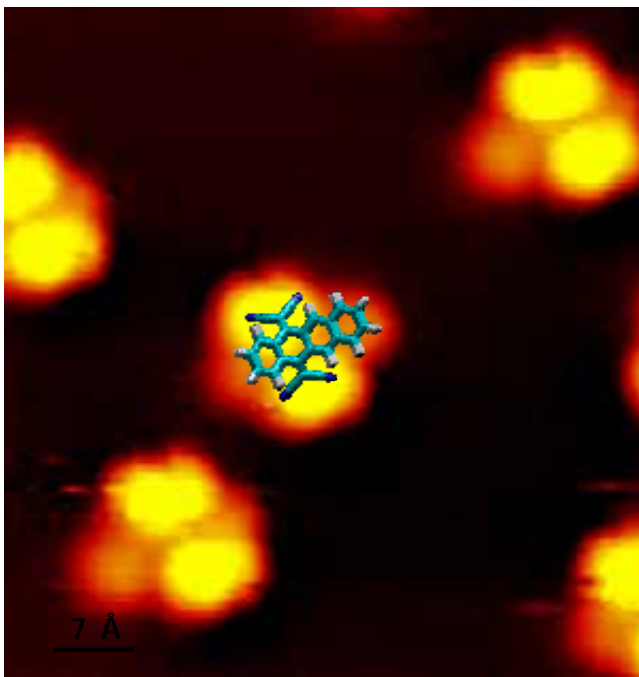
What is what?



TCTQ: Loosing one of the symmetry planes



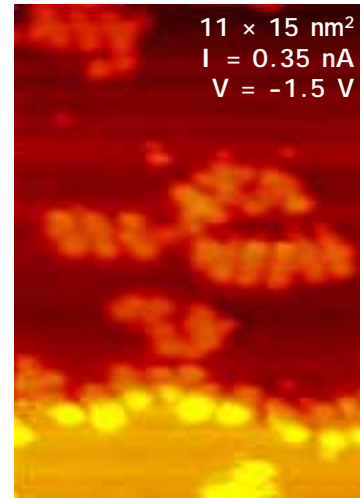
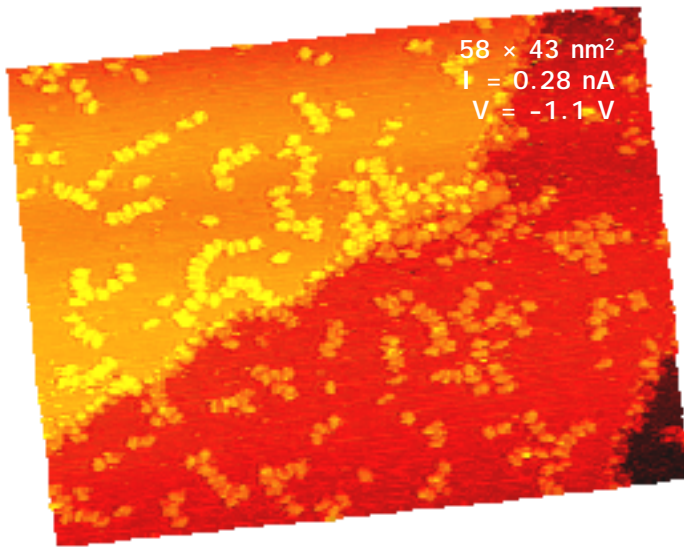
What is what?



Dicyano ends bright!



Back to TCPQ: Annealing

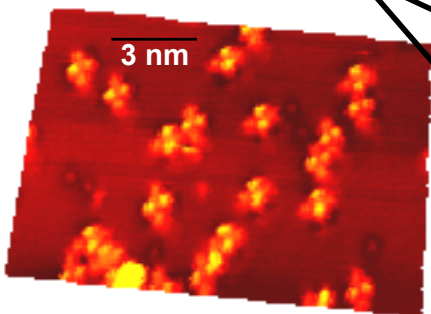


- Formation of 1D structures
- New molecular appearance... what is going on at the dicyano ends?

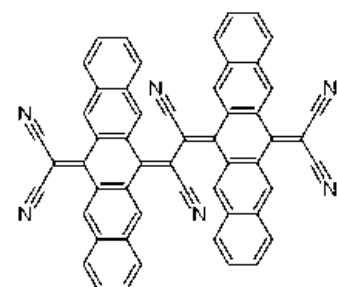
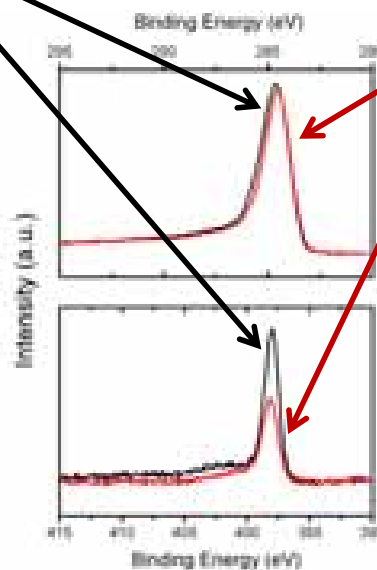
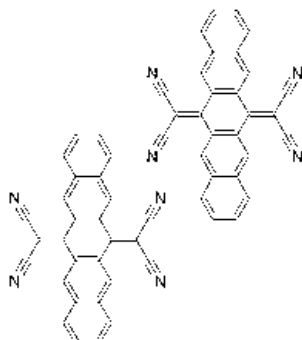
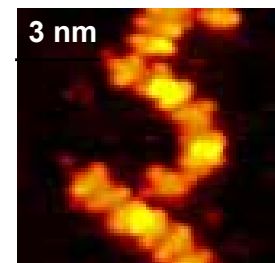


Polymerization: XPS Support

As deposited with the substrate at RT

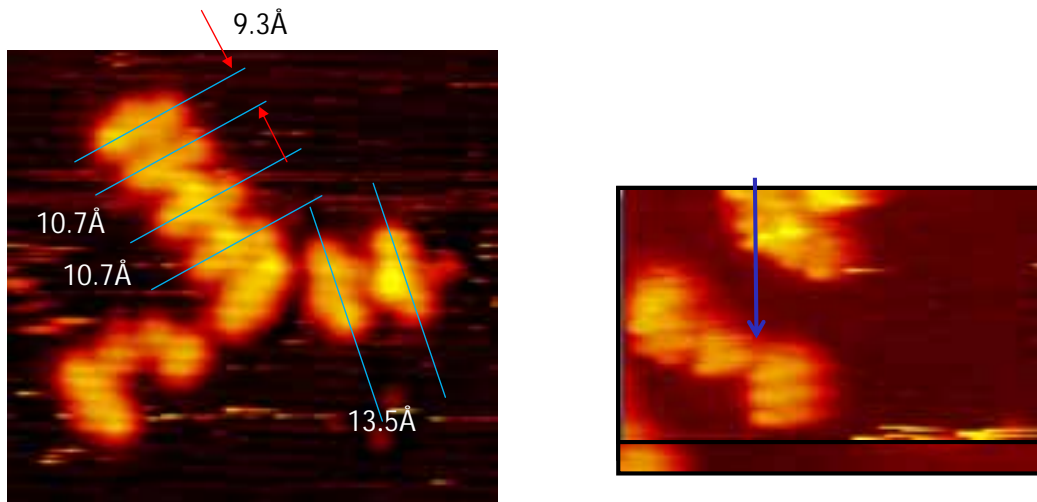


Polymerized after heating to 220 °C for 10 minutes





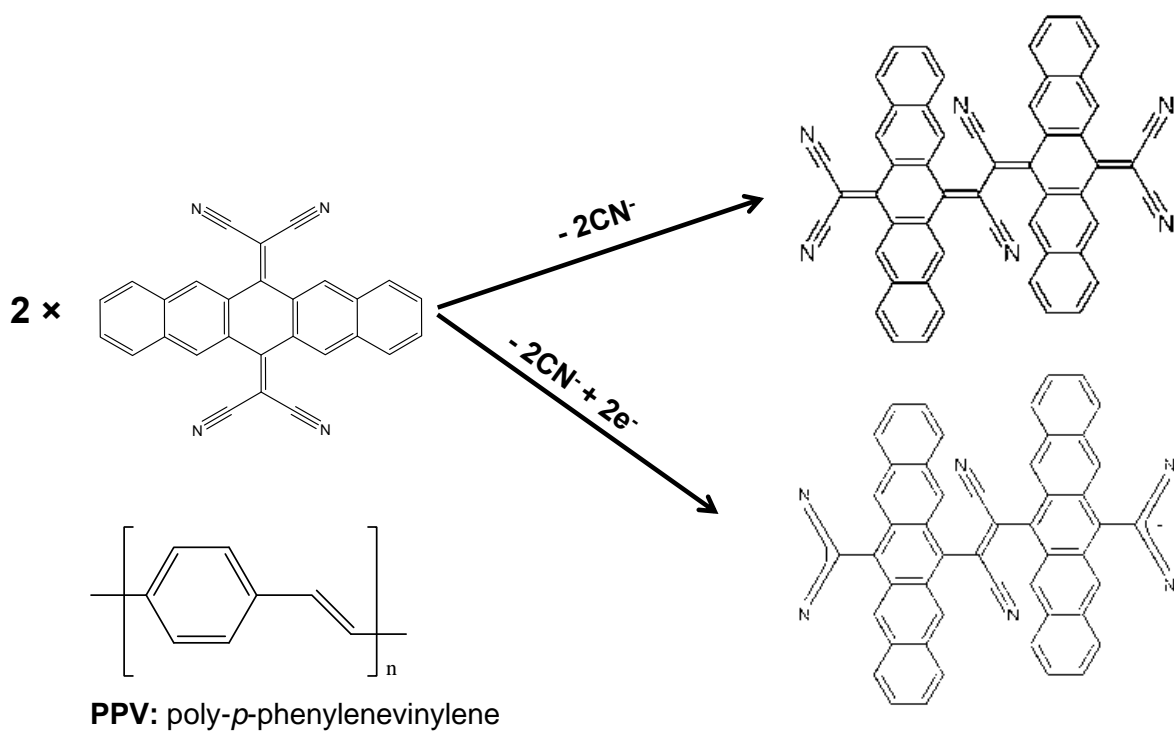
Polymerization: STM Manipulations



Molecules with the shortest intermolecular distances only move together when manipulated with the STM tip.



Charge Transfer and Polymerization





Luces y sombras de la nanociencia en España

Luces

- Aumento del conocimiento
- Desarrollo del bienestar social
- Avance en la curación de enfermedades
- Buena posición de España en el concierto internacional
- Creación de nuevos institutos y centros de investigación
- Apoyo de las instituciones públicas y privadas



Sombras

- Escaso conocimiento del uso de la nanotecnología
- Posibles efectos nocivos en la salud?
- España lidera escasos proyectos de carácter internacional
- Pocas aplicaciones prácticas reales.
- Escasa transferencia de conocimientos del sector científico al tejido industrial
- Elevadas inversiones



INSTITUTO MADRILEÑO de ESTUDIOS AVANZADOS EN
NANOCIENCIA

