



cicCartuja centro de investigaciones científicas
Isla de la Cartuja

Semana de la Ciencia La ciencia al alcance de tu mano.

Un viaje por el nanomundo y los nanomateriales a través del microscopio electrónico

G.M. Arzac, M.C. Jiménez, A. Fernández

Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla

Centro de Investigaciones Científicas Isla de la Cartuja



CSIC
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS



Coordinador de las visitas ICMS: Antonio Ruiz Conde

Presentación: Pedro Sanchez Soto

Instrumentación general y seguridad: Antonio Ruiz Conde

Microscopía electrónica: Cristina Rojas Ruíz

Difracción de rayos X: Angel Justo

Laboratorios de catálisis: Fátima Ternero y Svetlana L. Ivanova





2011
NOVIEMBRE
semana de la ciencia

Una visita. Museo del microscopio

Lente
Aguja para colocar la muestra



S XVIII

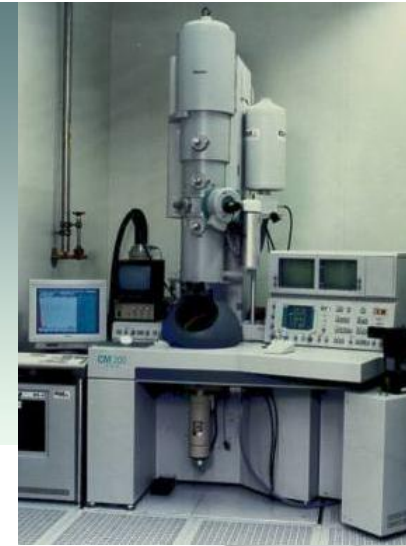
Uno de los primeros microscopios



S XIX



S XX



S XX



S XXI

La palabra “Microscopio” deriva del griego y significa “para ver lo pequeño”



2011
NOVIEMBRE
semana de la ciencia

Ernst Ruska y Max Knoll construyeron en 1931 el primer microscopio electrónico de transmisión

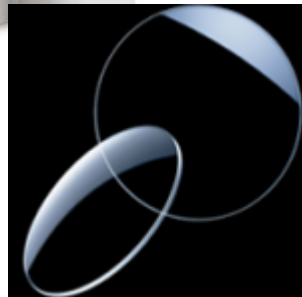
Un microscopio nos da una imagen enfocada y aumentada de lo que a simple vista no podemos ver.



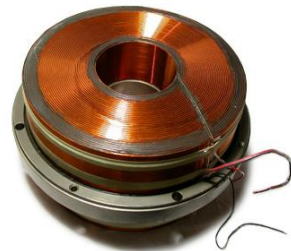
VS



Microscopio óptico y lentes ópticas
Funciona **con luz visible**



Microscopio electrónico y lentes electromagnéticas
Funciona **con electrones**



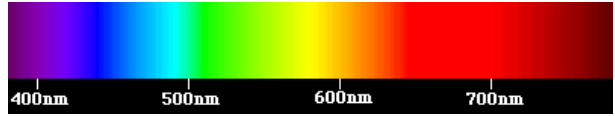


A la distancia mínima que puede distinguirse con un microscopio entre dos objetos o detalles se le llama **poder de resolución**, y este parámetro depende de la longitud de onda de la luz con la que iluminemos los objetos

Microscopio óptico.
Funciona **con luz visible**



Longitud de onda de los fotones 400-800 nm



Microscopio electrónico. Funciona **con electrones**.

Los electrones en el microscopio electrónico viajan a una velocidad próxima a la de la luz y llevan asociada una onda electromagnética (al igual que la luz visible). La longitud de onda asociada es extremadamente pequeña.

<i>Voltage de aceleración (kV)</i>	<i>λ (nm) no relativista</i>	<i>λ (nm) relativista</i>	<i>Velocidad ($\times 10^8$ m/s)</i>
100	0,00386	0,00370	1,644
200	0,00273	0,00251	2,086
400	0,00193	0,00164	2,484



Enorme poder de resolución



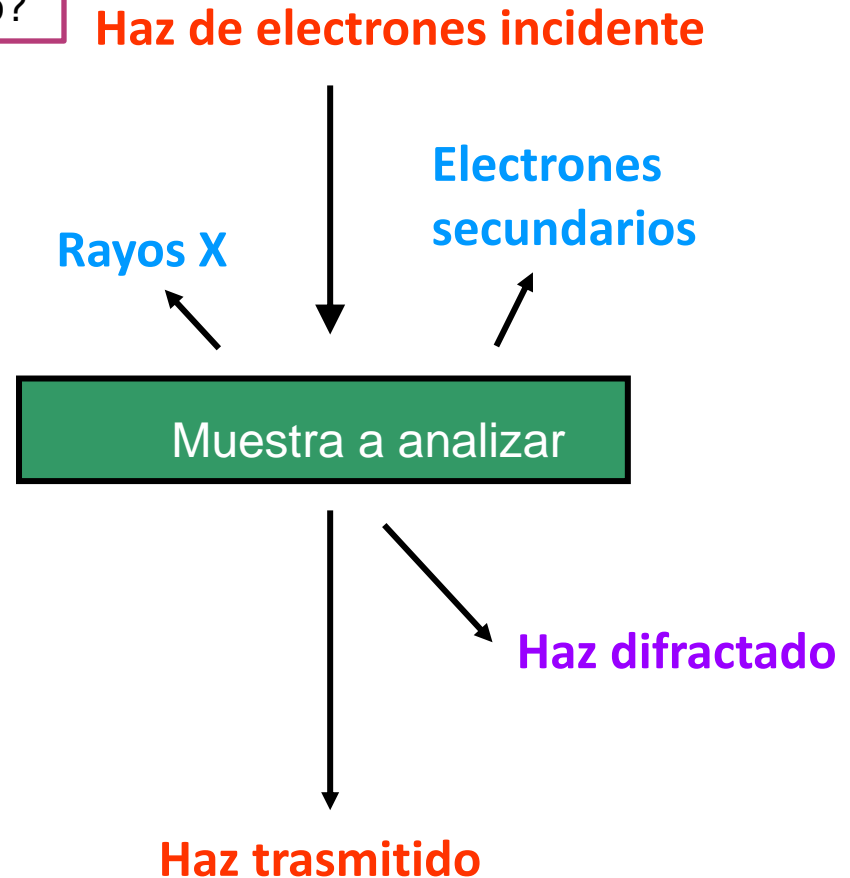
El electrón a esa velocidad se comporta como una partícula relativista.

Esquema de cómo interaccionan los electrones con la muestra

¿Qué podemos hacer con un microscopio electrónico?

- Ampliar la imagen utilizando los electrones “rebotados” (secundarios). Vemos la **topografía/morfología** de la muestra. **SEM**
- Ampliar la imagen utilizando los electrones transmitidos. Podemos ver forma, tamaño, contrastes entre distintas zonas y aumentar la imagen hasta **ver los átomos**. **TEM**
- Como las ondas electromagnéticas dan lugar a interferencias (difracción) podemos saber como se ordenan los átomos en los cristales. **La estructura**.
- La **composición química** analizando los rayos X emitidos por la muestra.
- El **estado químico** con el espectro de pérdida de energía de los electrones.
- Mapas elementales

Todo ello en la escala NANO

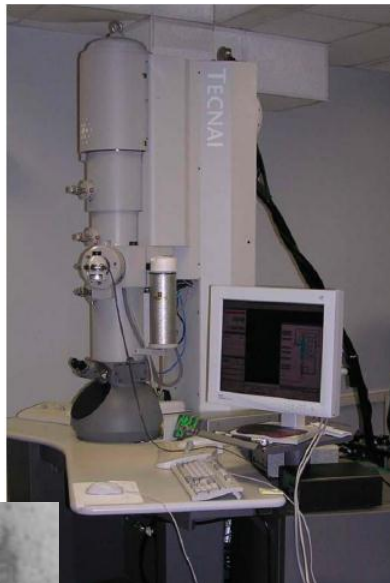




2011
NOVIEMBRE
semana de la ciencia

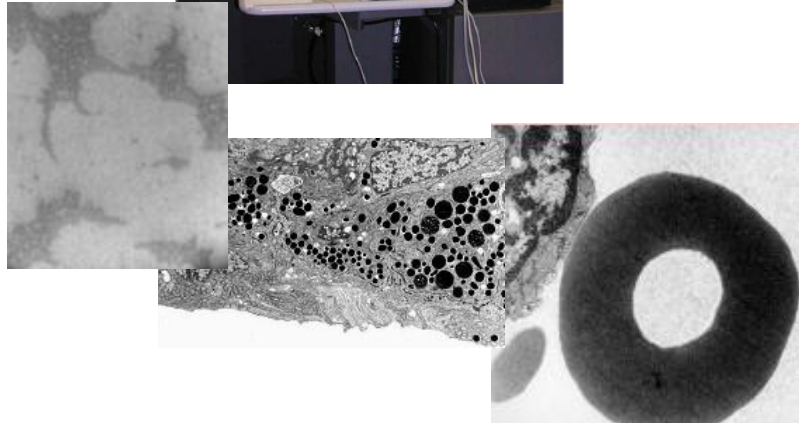
Los dos tipos de microscopios electrónicos

**Transmisión
TEM**



VS

**Barrido
SEM**

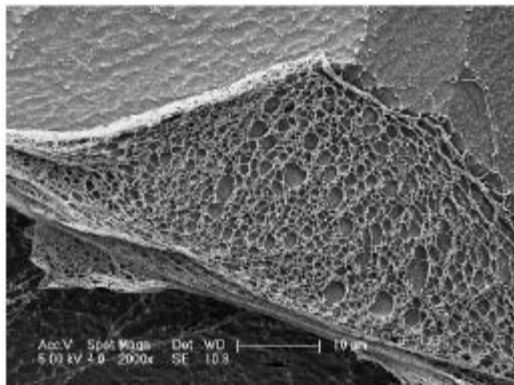
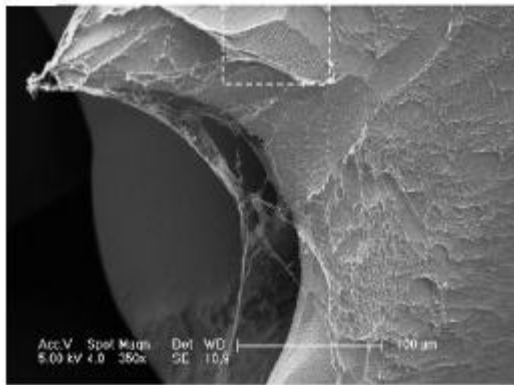


Polen, ojo, glóbulo rojo.

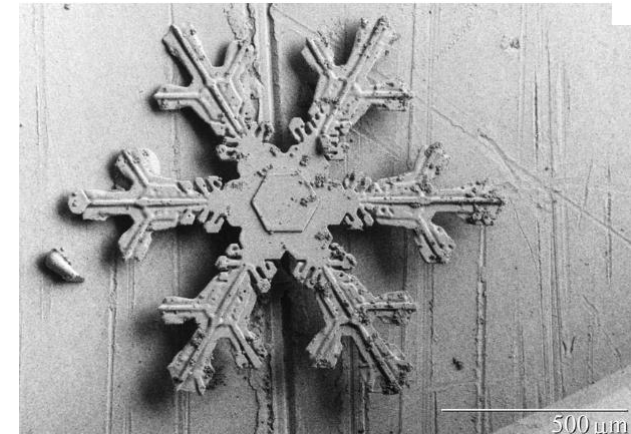


Imágenes con el microscopio electrónico de barrido

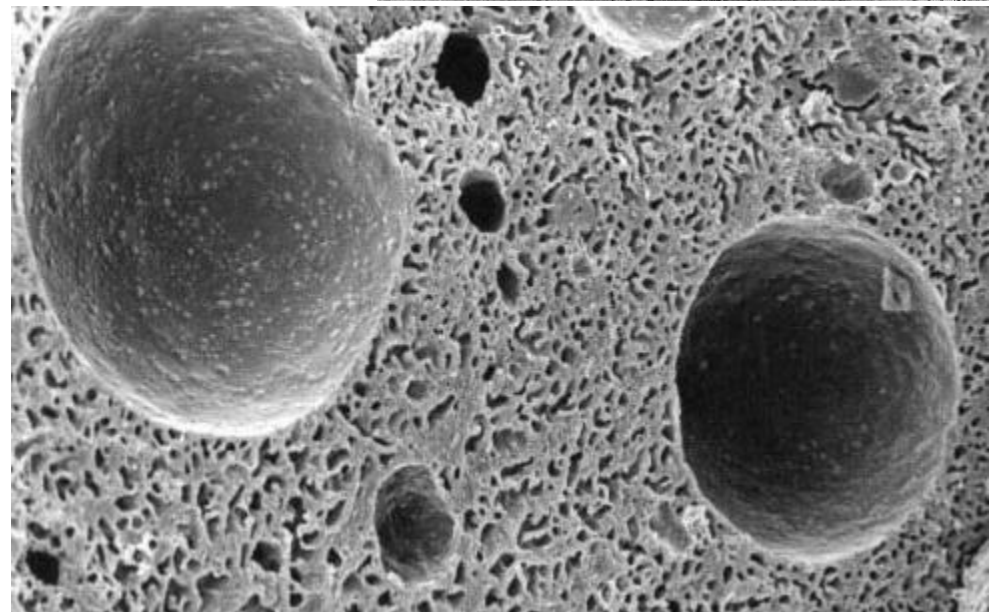
Nieve e impurezas



Copo de nieve



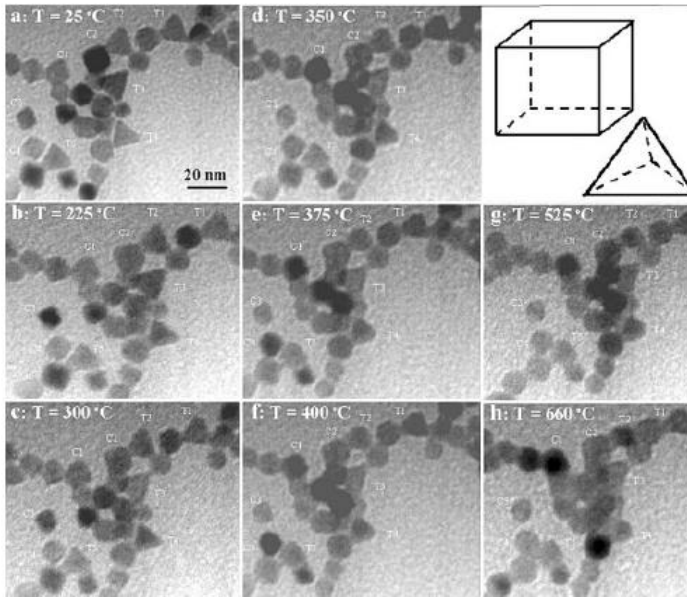
Helado





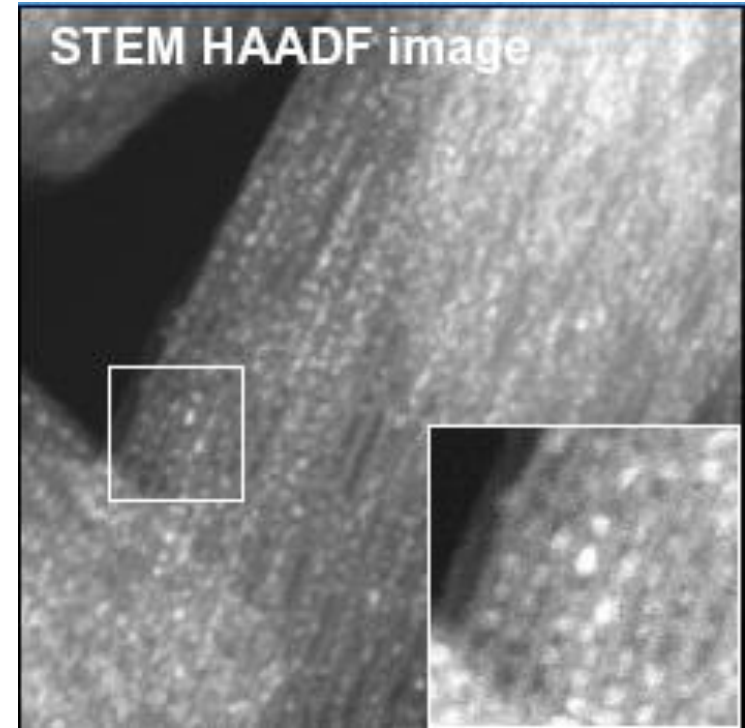
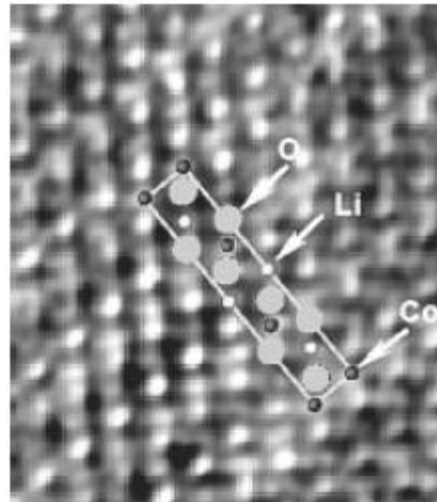
Imágenes con el microscopio electrónico de transmisión

Nanomateriales y Nanotecnología



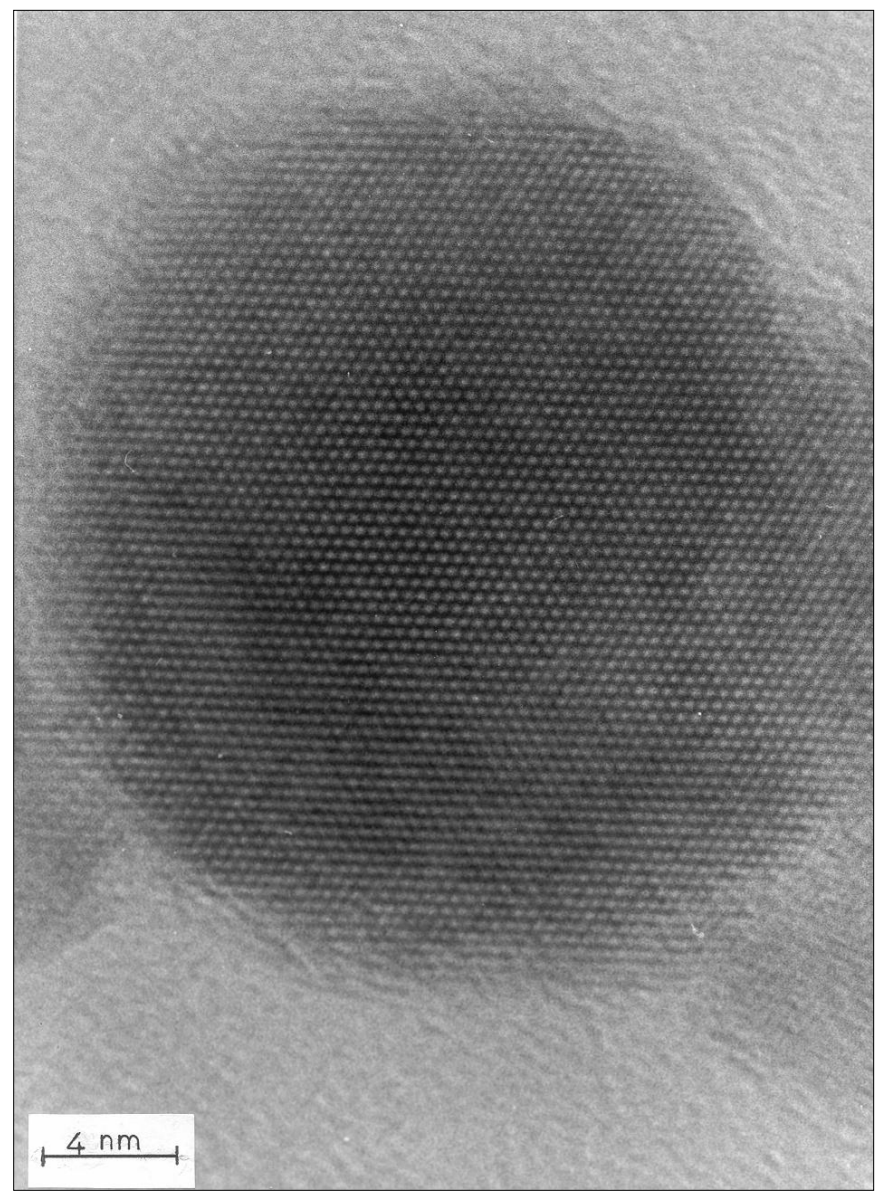
Nanopartículas de Pt

Resolución atómica en un material LiCoO_2 para baterías de litio



Nanopartículas de PdRu embebidas en una sílice mesoporosa

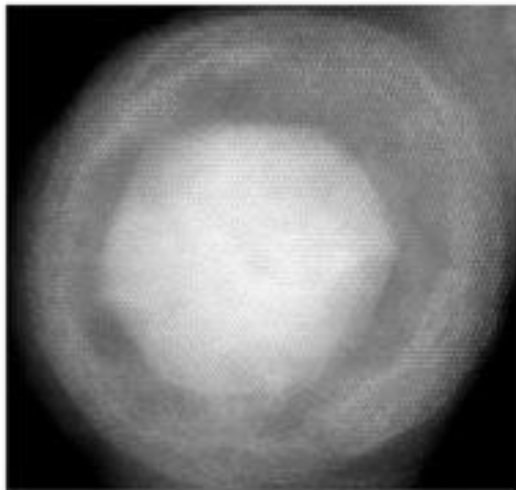
**Imagen de alta
resolución de una
nanopartícula de CdS**



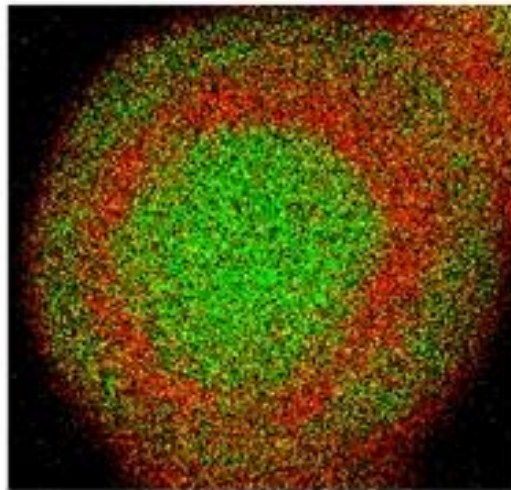
Oro, plata y oro otra vez: Nuevas nanopartículas para diagnóstico médico.

La superficie de las nanopartículas de plata muestra una resonancia cuando se irradia con luz –una propiedad que se explota para hacer biosensores.

Sin embargo las nanopartículas de Ag tienen tendencia a oxidarse en ciertas soluciones acuosas lo que limita las aplicaciones biológicas de estas partículas.



23 nm



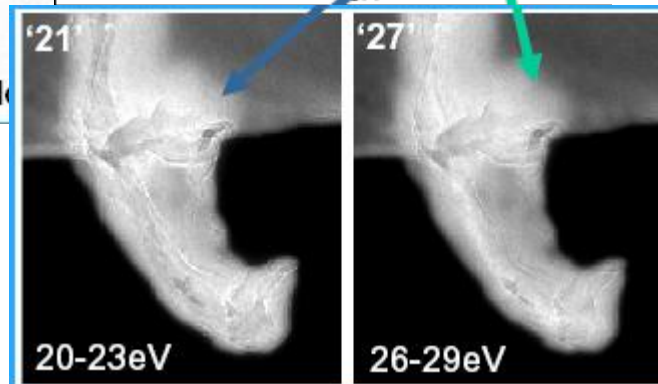
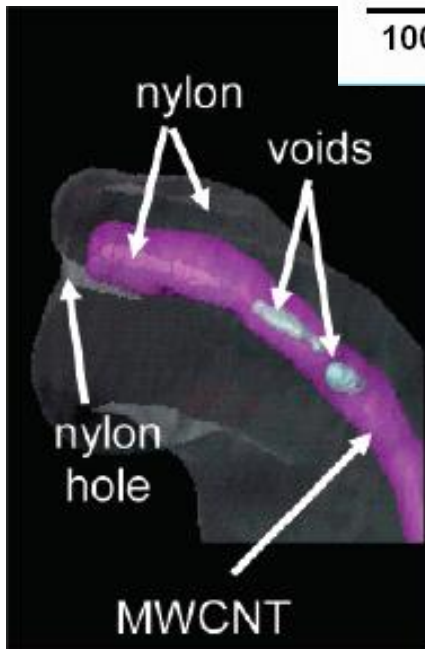
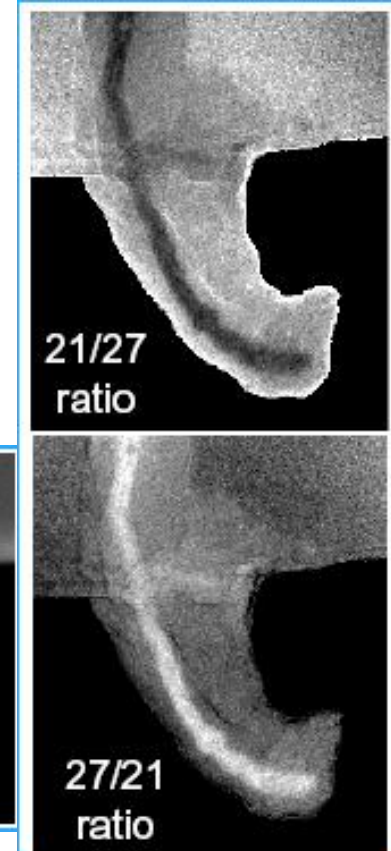
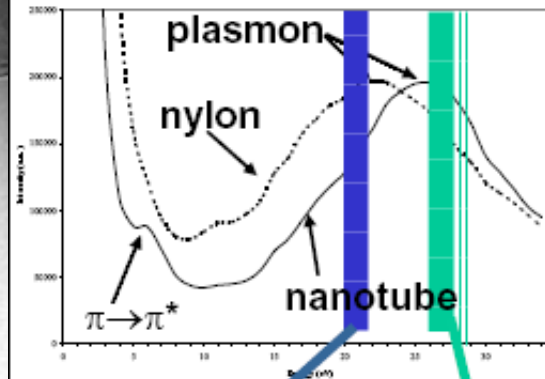
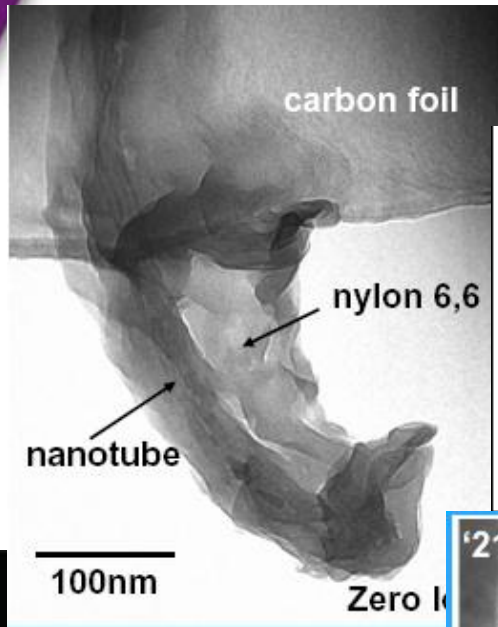
La nanopartícula de la figura tiene 23 nm de diámetro, tiene un núcleo de oro, luego una corteza de plata y una segunda capa de oro.

Las nanopartículas son estables en soluciones salinas y se comportan igual que las que no tienen la cubierta de oro como sensores biomoleculares.

**Imagen de una nanopartícula (Au@Ag)@Au
Mapa elemental: verde-oro, rojo-plata**



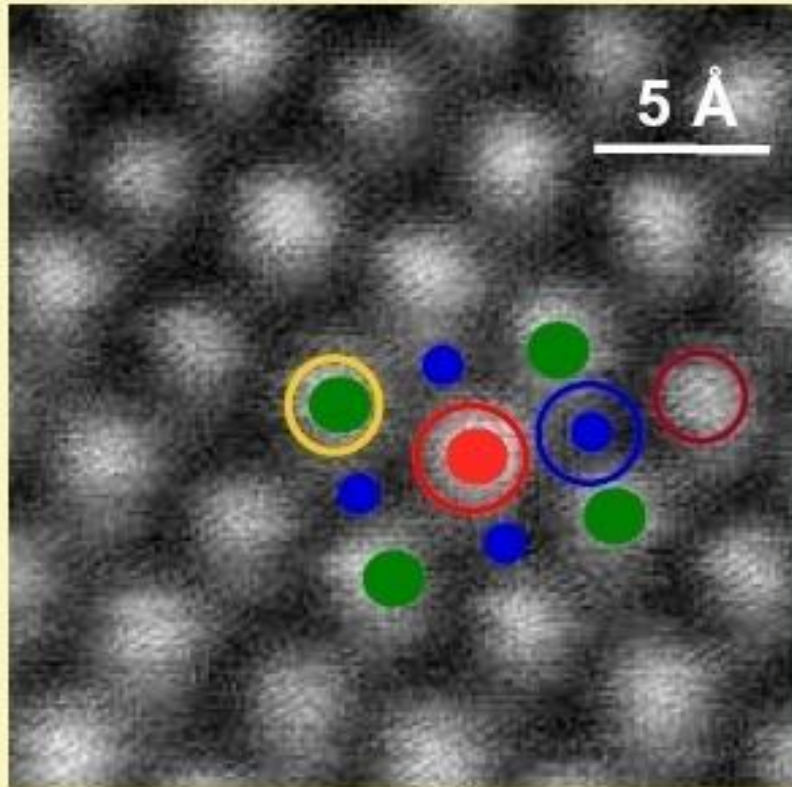
Imágenes con el microscopio electrónico de transmisión



Material composite de nanotubo de carbón de multipared y nylon (polímero)



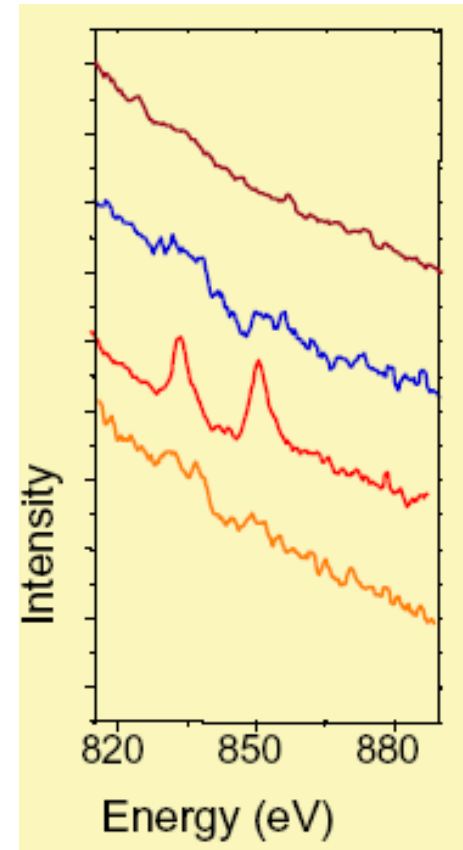
Imágenes con el microscopio electrónico de transmisión



Ca

O

Ti



Espectroscopía de un solo átomo de La dentro de un cristal de CaTiO_3

Investigación en el ICMS: Un catalizador más barato para producir hidrógeno



+



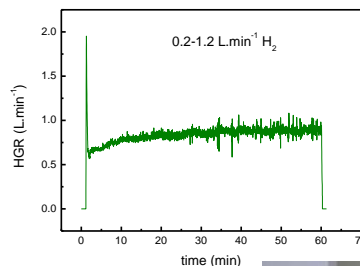
+



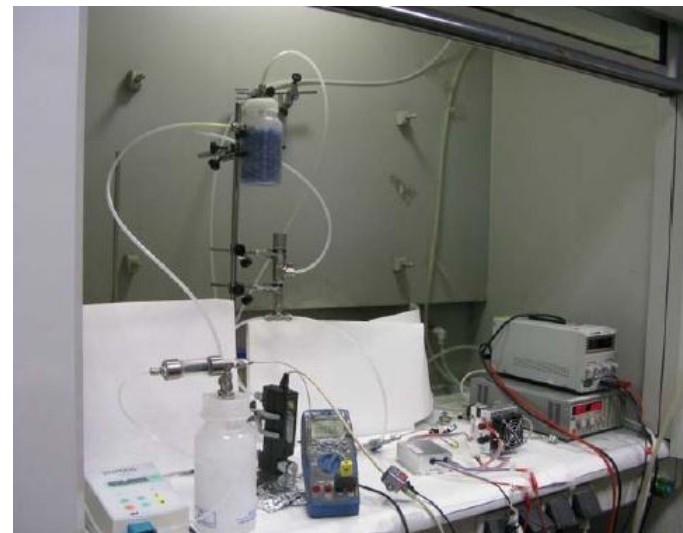
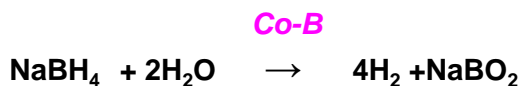
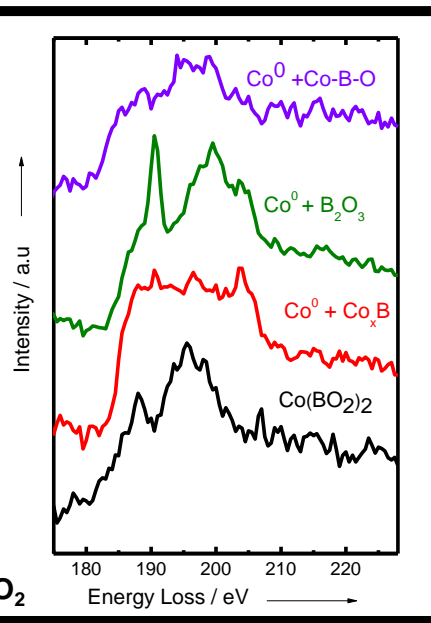
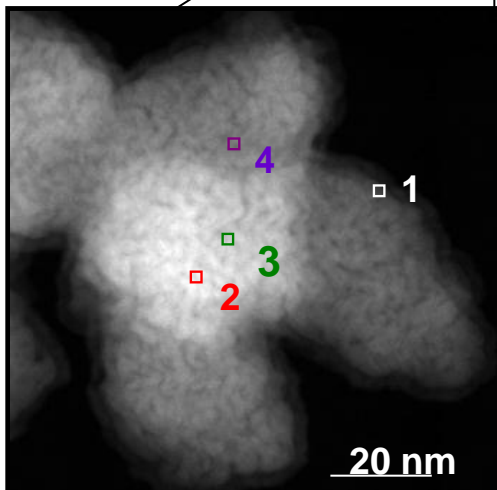
→ Hidrógeno

+aire

→ *Energía "Limpia"*



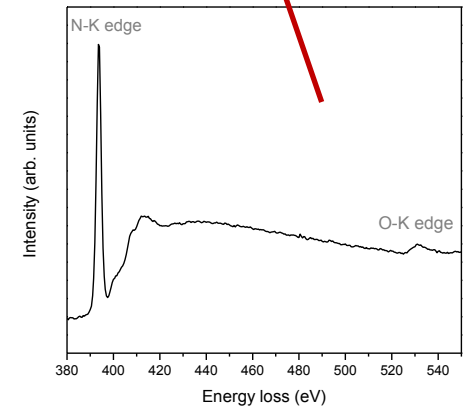
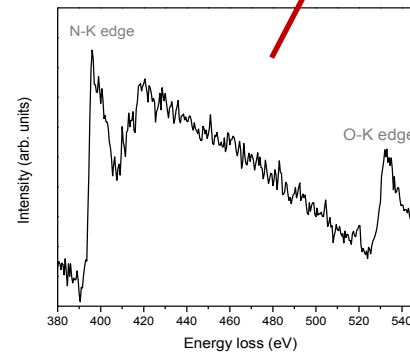
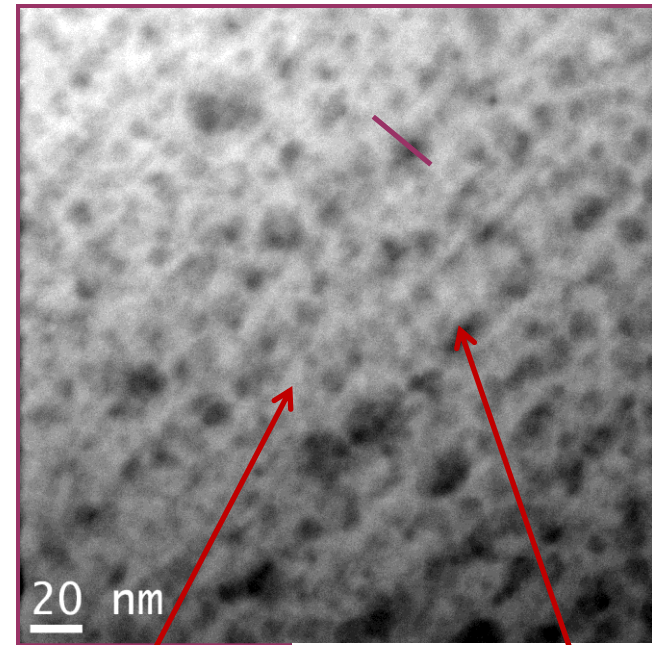
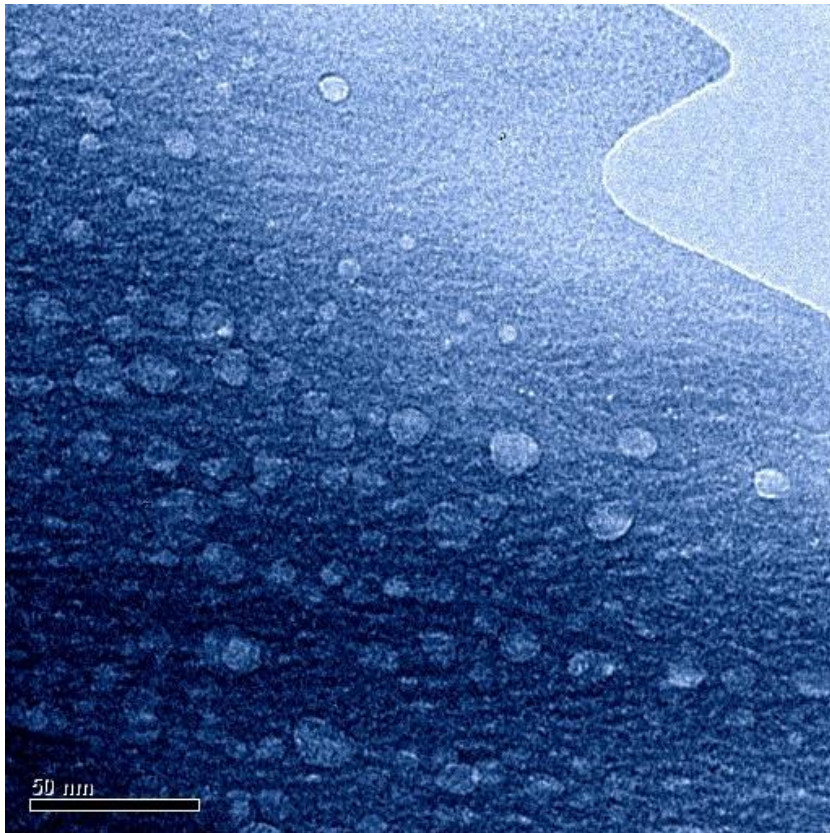
300000 aumentos



Catalizador para la producción de hidrógeno basado en nanopartículas de cobalto.

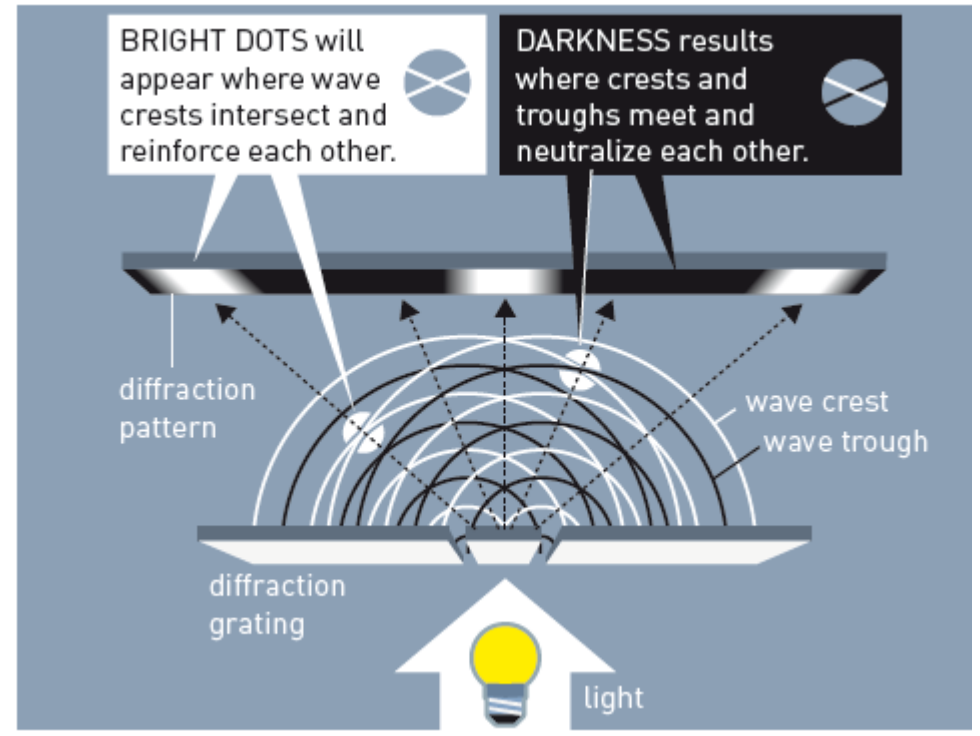
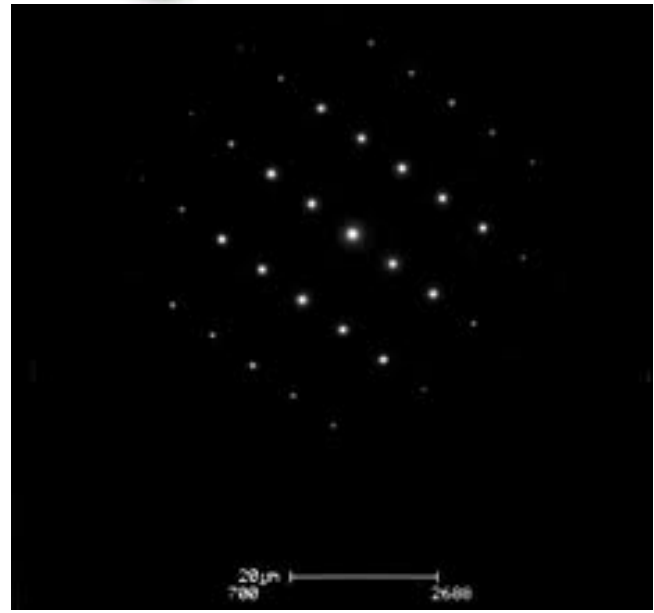


Investigación en el ICMS: Estructuras nanoporosas a la carta



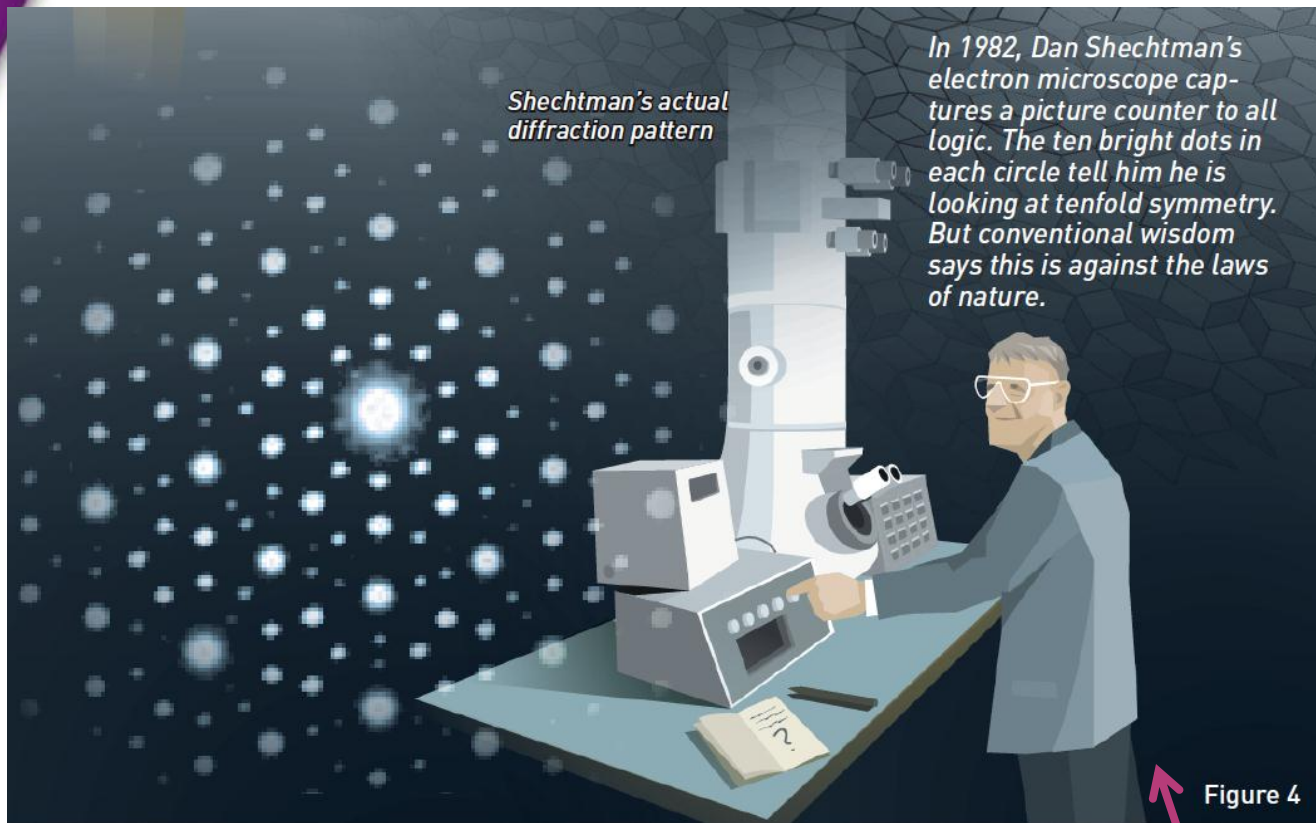
“Estructuras nanoporosas a la carta”. Micrografía de un material que contiene nanoburbujas capaces de cambiar sus propiedades. Podemos ver que hay Nitrógeno atrapado en las nanoburbujas.

La difracción de electrones



Difracción de un cristal de oro. El orden de los átomos en un cristal da interferencias constructivas y destructivas y produce las imágenes de difracción de los electrones.

La dualidad “onda-corpúsculo” (onda-partícula) propuesta por “de Broglie” se pudo demostrar experimentalmente al poderse medir la difracción de los electrones. Las partículas se comportan a su vez como una onda.

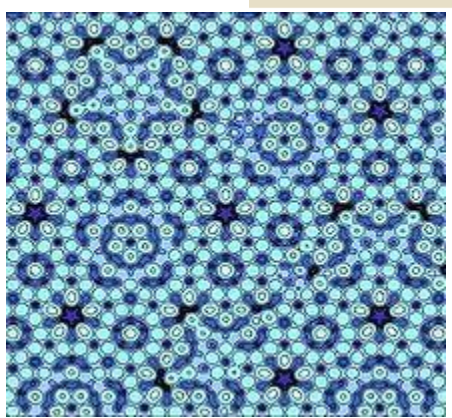
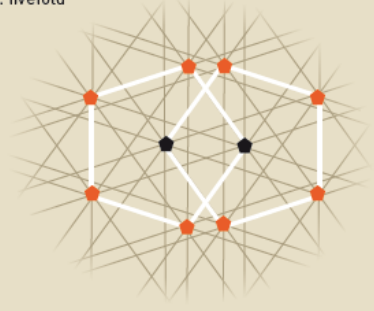


The Royal Swedish Academy of Science. The Nobel Price in Chemistry 2011

En 1982 Dan Shechtman encuentra en el microscopio electrónico de transmisión una simetría imposible para cualquier cristal conocido. Descubre los **“cuasicristales”**

En 2011 Dan Shechtman recibe el premio **Nobel de Química** por el descubrimiento de los “cuasicristales”. Aleación de Al con 10–14% Mn obtenida por solidificación rápida

d. fivefold



Modelo atómico de un cuasicristal de Ag-Al.

1 In the mid-1970s the mathematician Roger Penrose manages to create an aperiodic mosaic, with a pattern that never repeats itself, using only two different rhomboid tiles: one fat and one thin.

thin rhombus *fat rhombus*

2 In 1982, Alan Mackay experiments with a model, where he puts circles representing atoms at intersections in Penrose's mosaic. He illuminates the model and obtains a tenfold diffraction pattern.

Mackay's theoretical diffraction pattern

3 In 1984, Paul Steinhardt and Dov Levine connect Mackay's model with Shechtman's actual diffraction pattern. They realize that aperiodic mosaics can help to explain Shechtman's peculiar crystals.

The Royal Swedish Academy of Science. The Nobel Price in Chemistry 2011

Un **cuasicristal** es una forma estructural que es ordenada pero no periódica. Se forman patrones que llenan todo el espacio aunque tienen falta de simetría traslacional. Mientras que los cristales, de acuerdo al clásico teorema de restricción cristalográfico, pueden poseer solo simetrías rotacionales de 2, 3, 4, y 6 pliegues, el patrón de difracción de Bragg de los cuasicristales muestra picos agudos con otros órdenes de simetría, por ejemplo de 5 pliegues. La secuencia de Fibonacci es regular pero nunca se repite aunque sigue una regla matemática. Los átomos en un cuasicristal se colocan de manera ordenada y los químicos pueden predecir como se ordenan los átomos en un cuasicristal. Este orden es diferente del orden periódico en un cristal.

Una importante lección para la Ciencia

La historia de Dan Shechtman no es para nada única. Una y otra vez en la historia de la ciencia los investigadores han tenido que defender sus nuevas ideas frente al “conocimiento establecido”. Uno de los críticos más duros de Dan Shechtman y sus cuasicristales fue Linus Pauling, premiado a su vez en dos ocasiones con el Premio Nobel. Una mente abierta y la capacidad de cuestionarse y preguntarse el porqué son los motores de la investigación.

En 1992, la “International Union of Crystallography” cambió la definición de cristal.

Definición anterior: “Una sustancia en la cual los átomos, moléculas ó iones constituyentes están ordenados de manera regular repitiendo patrones tridimensionales”.

La nueva definición: “Cualquier sólido que muestre esencialmente un diagrama de difracción discreto”.

Una compañía sueca produce un acero reforzado con partículas de cuasicristales. Se están desarrollando aplicaciones en recubrimientos anti-adherentes para sartenes y en motores diesel.

Nuestro nuevo microscopio... coming soon

Home Project Overview Facilities About Us

Search

AL-NANOFUNC

Advanced Laboratory for the Nano-Analysis of novel FUNCTIONal materials

Welcome

Advanced Laboratory for the **Nano-Analysis** of novel **FUNC**tional materials

The overall aim of the **Al-Nanofunc** project is to upgrade the existing research capacities in advanced characterization of novel functional materials at the Materials Science Institute of Seville to the highest European level.

The project is supported by the European Commission under the CAPACITIES area of the 7th Research Framework Programme.

Programme: FP7 REGPOT

Start date: 01/10/2011

Project acronym: AL-NANOFUNC

<http://www.al-nanofunc.eu/>

