

Nanomateriales

Retos en la investigación sobre mecánica y materiales. Conceptos. Nanociencia y nano tecnología. Tipo de nanomateriales. Aplicaciones y preocupaciones en relación con el medio ambiente.

Retos en la investigación sobre mecánica y materiales

Este tema se aborda tomando como referencia el trabajo de personal del Programa de Mecánica y Materiales en la Dirección de Ingeniería de la Fundación Nacional de Ciencias (NSF), Arlington, Virginia, USA.

Ken P. Chong and Jorn Larsen-Basse. *Challenges in Mechanics and Materials Research in the Twenty-First Century*. Journal of Materials in Civil Engineering. Vol 17, N° 13, June 1, 2005. ASCE.

A comienzos de siglo, la NSF reconoce a las siguientes tres *tecnologías trascendentales*:

- Microelectrónica: *cada dos años se duplica la cantidad de transistores en un circuito integrado* obligando a ir a la nanotecnología para la reducción de los tamaños.
- Tecnología de información.
- Biotecnología.

Aunque no se menciona explícitamente la nanotecnología entre estas tres, su desarrollo en el presente siglo ha impactado notablemente la orientación de las aplicaciones en la tierra y en el espacio, y consolidado una nueva disciplina en los campos tecnológico, económico, social, político y cultural a nivel internacional.

Según la referencia, en el campo de la mecánica de sólidos y de la ingeniería de materiales (mecánica/materiales) se consideran las siguientes *áreas críticas*:

- Bio (mecánica/materiales)
- Mecánica/materiales en capa delgada.
- Propagación de ondas
- Nano (mecánica/materiales)
- Simulación/modelaje.
- Sistemas micro electro mecánicos
- Materiales/estructuras inteligentes.

Conceptos

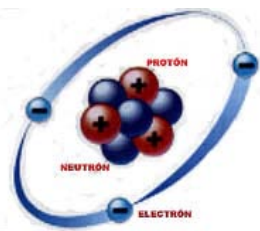
La materia

La **materia** está constituida por elementos, siendo 92 el número de ellos conocidos en la Tierra. Entre los más comunes: carbono (como en la forma de diamante o grafito, que son las más estables), el oxígeno (en el aire), el

calcio (en los huevos, los huesos o los dientes), el hierro (incluso en la sangre).

El átomo

Los elementos se componen de **partículas**, siendo la más pequeña el **átomo**. A su vez el átomo tiene componentes más pequeños: el núcleo, los protones, los neutrones y los electrones (estos últimos giran alrededor del núcleo). Por ello la estructura del átomo se suele explicar a través de un modelo orbital.



Los **protones**, con carga positiva, y los **neutrones**, sin carga, están integrados en el núcleo. Los **electrones**, con carga negativa, tienen una cantidad de energía de acuerdo a su posición en la órbita alrededor del núcleo. Las propiedades químicas de los átomos están determinadas por sus electrones.

El **número atómico** está determinado por el número de protones en el núcleo del átomo, que a su vez es igual al número de electrones que giran alrededor de él. A su vez, el **peso atómico** es aproximadamente igual a la suma del número de protones más el número de neutrones.

En un **elemento determinado**, los átomos tienen el mismo número de protones. Sin embargo, pueden tener diferente número de neutrones (y de ahí, diferente peso atómico). En este último caso, se les llama **isótopos** del elemento (con igual número atómico pero diferente peso atómico).

La molécula

La **molécula** está formada por dos o más átomos unidos por enlaces químicos como fuerzas que los mantienen unidos. Los enlaces pueden ser de dos tipos: iónico y covalente.

- En el **enlace iónico** la atracción de partículas es por carga eléctrica opuesta, como en el ClNa. Muchas sustancias iónicas se separan en agua, produciendo **iones libres**.
- En el **enlace covalente** las moléculas se forman por pares de electrones compartidos, los cuales a su vez se organizan en órbitas moleculares nuevas envolviendo a los núcleos de ambos átomos.

Compuestos químicos

En las **reacciones químicas** se intercambian electrones entre átomos que pueden representarse por ecuaciones químicas. Estas reacciones pueden ser de estos tipos.

- Combinación de dos o más sustancias para formar una sustancia diferente.
- Disociación de una sustancia en dos o más.
- Intercambio de átomos entre dos o más sustancias.

Los **compuestos químicos** son sustancias formadas por dos o más elementos diferentes, en proporciones definidas y constantes.

Nanociencia y nanotecnología

En término de unidades, el nivel **micro** está referido a una millonésima. El **nano** a una mil millonésima. El **meso** a una milésima. El **macro** a un metro. El nivel de **sistema** a un kilómetro. Obsérvese que la referencia es a la

longitud en vez de otras propiedades, como de volumen o masa, por ejemplo.

Aquí una escala física.

Escala física en materiales y estructuras					
Elementos	MATERIALES		ESTRUCTURAS	INFRAESTRUCTURA	
Nivel	Nano	Micro	Meso	Macro	Sistema
Escala	Molecular	Micrones		Metro	Más de un km
Campos	Nanomecánica Autoensamblaje Nanofabricación	Micromecánica Microestructuras Materiales inteligentes	Mesomecánica Estructuras de interfase Compuestos	Vigas Columnas Placas	Sistemas de enlace Líneas Aeroplanos

Nanociencia

Es el estudio de átomos, moléculas y objetos cuyo tamaño se mide a escala nanométrica (de 1 a 100 nanómetros).

Nanotecnología

Se le entiende como el análisis, síntesis, diseño, manipulación y aplicación de materiales, aparatos y sistemas a través del control de la materia a nanoescala, así como el aprovechamiento de fenómenos y propiedades de la materia a ese nivel.

La nanotecnología da origen a materiales, aparatos y sistemas novedosos en sí y en sus propiedades, creando nuevas estructuras con precisión atómica. El nivel nano, permite manipular y trabajar estructuras moleculares y sus átomos.

Entre los materiales, que se denominan **nanomateriales**, se distingue el **nanotubo de carbón** como la fibra más fuerte que se conoce pudiendo ser de 10 a 100 veces más fuerte que el acero por peso, y posee propiedades eléctricas conductivas importantes.

A nivel agregado, se forman **nanopartículas**, como unidades más grande que los átomos y las moléculas, con características propias. Se distinguen las metálicas y las cerámicas.

Tipos de nanomateriales

Referencia

Lo que sigue está tomado de un trabajo de personal del Instituto de Ciencias de Materiales de Barcelona y de la Universidad Autónoma de Barcelona.

Albert Figueres, Jordi Pascual. *Nanomateriales*. Publicado en: Carmen Mijangos y José Serafín, Coordinadores. *Nuevos materiales en la sociedad del siglo XXI*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid, 2007.

El documento integral de la referencia es una importante presentación de los siguientes temas.

- Materiales cerámicos.
- Nuevos materiales metálicos.
- Polímeros avanzados.
- Materiales magnéticos.

- Nanomateriales.
- Biomateriales.
- Materiales para los laser.
- Energía y movimiento.
- La radiación sincotróica.

De los cuales se utilizará el capítulo relativo a nanomateriales.

Conceptos adicionales y usos

La nanociencia y la nanotecnología son nuevas herramientas para la investigación, la innovación y el desarrollo a partir del control de la estructura fundamental y el comportamiento de la materia a nivel atómico. Se utiliza para generar nuevas propiedades y usos, como: la inclusión de nanopartículas para reforzar materiales, la mejora de propiedades de materiales diseñados para trabajar en condiciones extremas, la investigación para detectar y neutralizar la presencia de microorganismos o compuestos químicos adversos.

Los nanomateriales tienen características estructurales que hace que al menos una de sus dimensiones esté en el intervalo 1 a 100 nm. Esto significa que puede haber nanomateriales 1D, 2D y 3D dependiendo de las dimensiones en que se cumple tal intervalo (o son *nanométricas*, según se llaman).

La tecnología que más se emplea es conocida como la *bottom-up* (o de *abajo hacia arriba*) construyendo nanoentidades por combinación de elementos más pequeños (átomos y moléculas) guiando el autoensamblaje o bajo estrategias controladas.

Identificación de nanomateriales

Nanocompuestos. Se trata de materiales creados introduciendo, en bajo porcentaje, nanopartículas en un material base llamado *matriz*. Con el resultado se obtiene materiales con propiedades distintas a las de los materiales constituyentes. Por ejemplo en propiedades mecánicas (como la rigidez y la resistencia). Los nanopolímeros son usados para relleno de grietas en estructuras afectas por sismos, por ejemplo.

Nanopartículas. Se trata de partículas muy pequeñas con cuando menos una dimensión menor de los 100 nm. Las nanopartículas de silicato y las metálicas, se usan en los nanocompuestos poliméricos.

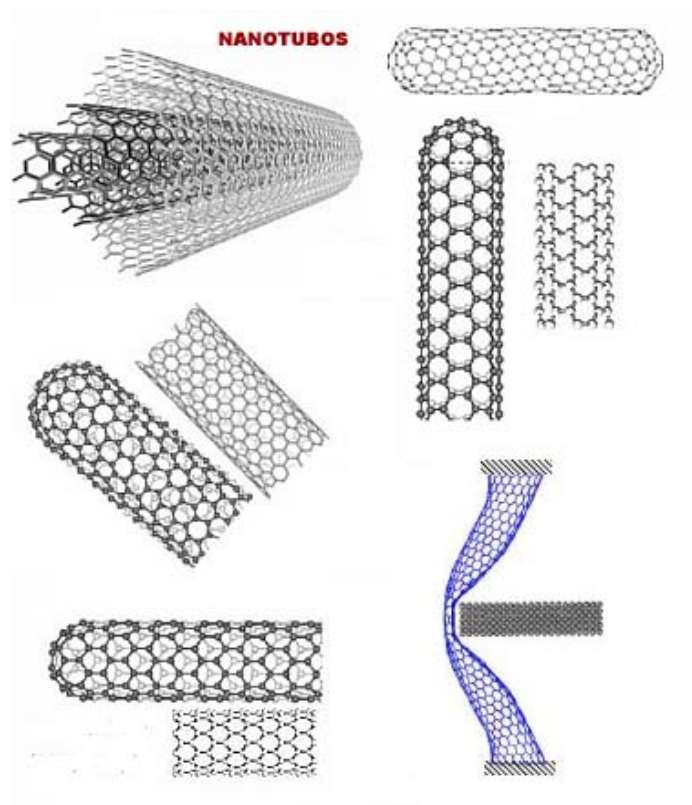
Nanotubos. Son estructuras tubulares con diámetro nanométrico. Aunque pueden ser de distinto material, los más conocidos son los de silicio y principalmente, los de carbono. Son tipo canuto o de tubos concéntricos (o multicapa). Algunos están cerrados por media esfera de fullereno (o fullereno), una forma estable del carbono, del nivel siguiente al del diamante y el grafito.

Superficies nanomoduladas. Son ordenadas o multicapa.

Materiales nanoporosos. Principalmente de sílica y alúmina. Usados, por ejemplo, para captura de elementos nocivos.

Nanocapas. Se trata de recubrimientos con espesores de nanoescala. Son usados en barnices, lubricantes o para endurecer compuestos frágiles o como protección ante la corrosión.

Nanoestructuras biológicas. Materiales biomiméticos a escala nanométrica. Como polímeros usados como base para el crecimiento de la piel. O gomas antimicrobianas.



Aplicaciones y preocupaciones en relación con el medio ambiente

El uso cada vez mayor de la nanotecnología y los nanomateriales es recibido con beneplácito y también con preocupación en relación con el medio ambiente.

Referencia

Lo que sigue proviene de personal del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad de Cincinnati, Ohio, USA.

Dionysios D. Dionysiou. *Environmental Applications and Implications of Nanotechnology and Nanomaterials*. Editorial. Journal of Environmental Engineering. July 2004. ASCE.

♦ Aplicaciones útiles en el medio ambiente

- Membranas mejoradas en porosidad, morfología y superficie para el tratamiento de agua.
- Nanopartículas de dióxido de titanio (TiO₂) y nanotubos de carbono actuando con contaminantes (orgánicos e inorgánicos) en agua con fines de adsorción y agregación.
- Muro biológicamente activo de nanotubos de carbón.
- Uso de dióxido de titanio en la purificación de agua y aire.
- Empleo de hierro a nanoescala para adsorción y destrucción de contaminantes orgánicos en agua.
- Uso de nanotubos de carbono para remover plomo en agua, y ensayos respecto a otros metales.

◆ **Diversas preocupaciones**

- Toxicidades de partículas y fibras provenientes de nanomateriales.
- El ciclo de vida de los nanomateriales.
- El destino de material contaminante por adsorción desde el agua.
- Biodegradabilidad y persistencia de nanomateriales basados en polímeros.
- Relanzamiento de nanomateriales tóxicos al ambiente.
- La efectividad de los métodos de remoción de nanomateriales tóxicos del ambiente.
- Uso mal intencionado de los nanomateriales.

Otra referencia

Se trata de otro editorial preparado por personal de la Universidad de Rice, Houston, Texas, USA.

Pedro J. Alvarez. *Nanotechnology in the Environment - The Good, the Bad and the Ugly*. Editorial. Journal of Environmental Engineering. October 2006. ASCE.

◆ **El lado bueno**

- Promisorios en reducir desperdicios, limpieza de contaminación industrial, provisión de agua potable y mejora de la eficacia de la producción y uso de la energía.
- Pese a su escaso tamaño pueden integrarse en grandes superficies o volúmenes de contaminantes.
- Gran capacidad de adsorción o catalización (aumenta la capacidad de reacción química).
- Ofrece un potencial multifuncional como el caso de las membranas para tratamiento de agua (separa contaminantes y agrega reactivos químicos)
- Desarrollos en progreso con nanomagnetita para remoción de arsénico.

◆ **Lado malo**

- Tendencia a saturación de nanomateriales en productos de consumo cotidiano como detergentes, cosméticos, protectores solares y otros.
- Riesgos de absorción debido a su escaso tamaño y su interacción con órganos sensibles o ecosistemas, tanto en salud ocupacional como pública.

◆ **Lado feo**

- La existencia en el pasado de tecnologías promisorias y expectativas de *benéficas* que resultaron dañinas a la salud y al ambiente.