

## TEMARIO

1. Introducción a la Nanotecnología
  - 1.1. El conocimiento científico de la materia: De la macro-escala a la nano-escala.
  - 1.2. ¿Nanociencia o nanotecnología?
  - 1.3. Algunos personajes clave: R. Feynman, L. Esaki, N. Taniguchi, E. Drexler.
  - 1.4. Nanotecnología: El reino de la mecánica cuántica.
  - 1.5. Efectos de confinamiento: niveles de energía.
  - 1.6. Propiedades de los nano-objetos. Efectos de tamaños clásicos y cuánticos.
  - 1.7. Emergencia y convergencia de la nanotecnología.
  - 1.8. Carácter multidisciplinar de la nanotecnología.
  - 1.9. El amplio abanico de aplicaciones de la nanotecnología.
  - 1.10. Situación de la nanotecnología en distintas regiones del mundo: inversión y centros.
  - 1.11. Evolución de las patentes y publicaciones en nanotecnología.
  - 1.12. La situación en España: redes, centros, y financiación
  - 1.13. Acción Estratégica de Nanociencia y Nanotecnología
  - 1.14. ¿Cómo ser nanotecnólogo en España?

### RECURSOS PARA EL PROFESORADO

2. Los materiales nanoestructurados
  - 2.1 Materiales 2D (con efectos de confinamiento en una dirección).
    - Nanopelículas
    - Nanorevestimientos
    - Heteroestructuras y sistemas multicapa.
    - Membranas
  - 2.2 Materiales 1D (con efectos de confinamiento en dos direcciones)
    - Transporte electrónico en sistemas 1D: de Ohm a Landauer
    - Nanotubos y nanofibras de carbono
    - Nanotubos inorgánicos
    - Nanoalambres o nanohilos semiconductores y metálicos
    - Biopolímeros (ADN, Nanotubos de péptidos, etc.)
  - 2.3 Materiales 0D (con efectos de confinamientos en las tres direcciones)
    - Nanopartículas inorgánicas y poliméricas. Puntos cuánticos.
    - Fullerenos
    - Nanoemulsiones
    - Micelas
    - Dendrímeros
  - 2.4 Materiales porosos y sistemas coloidales
    - Carbono y silicio porosos
    - Disoluciones coloidales
    - Hidrogeles, xerogeles y aerógeles

- Zeolitas, sepiolitas, otros filosilicatos
- 2.5 Otros materiales nanoestructurados o nanoparticulados
- Materiales nanocompuestos y nanohíbridos
  - MCM-X, Metal-organic-frameworks, etc.
  - Cristales fotónicos.
  - Materiales plasmónicos y metamateriales.
  - Magnetofluidos.
- 2.6 Otras estrategias en diseños de materiales: Estructuralidad, Funcionalización y Bioinspiración.
- Nanomateriales estructurales.
  - Funcionalización de superficies.
  - Ejemplos de la naturaleza: Valvas de moluscos, la coloración de las mariposas, telas de araña, etc.
- 2.7 La nanotecnología de nuestros antepasados: copa de Lycurgus, azul maya, las espadas de Damasco, lustre en cerámica árabe y mediterránea, coloración de las vidrieras medievales, fotografía.

#### RECURSOS PARA EL PROFESORADO

3. Técnicas para la caracterización de los materiales nanoestructurados
- 3.1. Técnicas microscópicas de campo lejano:
- 3.1.1. Microscopía electrónica de barrido (SEM) y de transmisión (TEM)
  - 3.1.2. Microscopías de alta resolución (HRTEM) y STEM.
  - 3.1.3. Radiación de rayos X: difractómetros y sincrotrones
  - 3.1.4. Difracción de electrones, positrones, neutrones
- 3.2. Técnicas microscópicas de campo cercano:
- 3.2.1. Microscopía de efecto túnel (STM)
  - 3.2.2. Microscopía de fuerzas atómicas (AFM)
  - 3.2.3. Microscopía óptica de campo cercano (SNOM)
  - 3.2.4. Otras sondas locales basadas en el nanocontrol
- 3.3. Técnicas espectroscópicas
- 3.3.1. Emisión
  - 3.3.2. Absorción
  - 3.3.3. Dispersión
  - 3.3.4. Masa
  - 3.3.5. Resonancia (RMN, EPR, Mossbauer)
- 3.4. Otras técnicas de medidas
- 3.4.1. Nanoindentación
  - 3.4.2. Porosimetría de mercurio
  - 3.4.3. Otras
- 3.5. Técnicas para la simulación computacional
- 3.5.1. Métodos semiclásicos
  - 3.5.2. Métodos cuánticos y ab-initio
  - 3.5.3. Métodos Monte Carlo
  - 3.5.4. Otros métodos.
  - 3.5.5. Lenguajes de programación.
  - 3.5.6. Supercomputadores de altas prestaciones. Computación en paralelo.
  - 3.5.7. Clusters, sistemas grid, y "cloud computing".

## RECURSOS PARA EL PROFESORADO

4. Técnicas de fabricación y síntesis de materiales nanoestructurados
  - 4.1. Técnicas top-down, descendentes o de “arriba-abajo”
    - 4.1.1. Cortes, grabado, molienda, pulvimetalurgia, etc.
    - 4.1.2. Litografía óptica
    - 4.1.3. Nanolitografía electrónica
    - 4.1.4. Focussed Ion Beam (FIB)
    - 4.1.5. Nanoimprinting
    - 4.1.6. Litografía Dip-Pen
  - 4.2. Técnicas bottom-up, ascendentes, o de “abajo-arriba”
    - 4.2.1. Manipulación individual de átomos y moléculas
    - 4.2.2. Síntesis química (sol-gel, pirolisis láser, síntesis hidrotermal y otros)
    - 4.2.3. MBE, CVD, PVD, PLD, ablación láser, etc.,
    - 4.2.4. El concepto de funcionalización.
    - 4.2.5. Autoensamblado, reconocimiento molecular, sistemas conjugados
    - 4.2.6. El concepto de “monumentalización”
    - 4.2.7. Plantillas virales
    - 4.2.8. El ADN como elemento constructivo y programable
  - 4.3. Técnicas híbridas e integración nano-micro-macro
  - 4.4. ¿Qué es una sala blanca? Tipos y equipamientos.

## RECURSOS PARA EL PROFESORADO

5. Aplicaciones sectoriales de la nanotecnología
  - 5.1. Tecnologías de la información y comunicaciones (TIC)
    - 5.1.1. Máquinas mecánicas y electromecánicas.
    - 5.1.2. Del triodo de vacío al transistor.
    - 5.1.3. Circuito integrado y miniaturización. Ley de Moore.
    - 5.1.4. Transistores CMOS y FET.
    - 5.1.5. El final de la era del silicio. Límites físicos para el silicio
    - 5.1.6. Límites del almacenamiento: el super-paramagnetismo
    - 5.1.7. Estrategias de almacenamiento masivo: Millipede.
    - 5.1.8. Electrónica molecular (moléculas y nanotubos de carbono)
    - 5.1.9. El uso del espín electrónico: la espintrónica
    - 5.1.10. Ordenadores de luz: el papel de la fotónica
    - 5.1.11. Más allá de la computación booleana: la computación cuántica
    - 5.1.12. Otras estrategias de computación: Biocomputación en un tubo de ensayo
  - 5.2. Sensores y actuadores en la nanoescala
    - 5.2.1. MEMS y NEMS
    - 5.2.2. Sensores basados en FET
    - 5.2.3. Narices electrónicas
    - 5.2.4. Biosensores.
    - 5.2.5. Sistemas “smart dust”
  - 5.3. Construcción y Textiles
    - 5.3.1. La nanotecnología en construcción
    - 5.3.2. Nuevos cementos

- 5.3.3. Sistemas fotocromicos
- 5.3.4. Redes de nanosensores
- 5.3.5. Nanotecnología en el sector textil
- 5.4. Nanobiotecnología y Nanomedicina
  - 5.4.1. Microarrays y nanoarrays de ADN, proteínas y células
  - 5.4.2. Marcadores para visualización óptica y magnética
  - 5.4.3. Hacia la secuenciación barata de ADN
  - 5.4.4. Distribución controlada de fármacos
  - 5.4.5. Procesamiento de Imágenes
  - 5.4.6. Identificación de drogas: genómica, proteómica y bioinformática
  - 5.4.7. Diagnóstico
  - 5.4.8. Cirugía, implantes pasivos y activos
  - 5.4.9. Ingeniería de tejidos
  - 5.4.10. ¿Nano-robots?
  - 5.4.11. Otras aplicaciones: material quirúrgico, vendajes, etc.
- 5.5. Alimentación y agricultura
  - 5.5.1. Dispensadores de insecticidas y nutrientes
  - 5.5.2. Nuevos envases y sistemas de conservación
  - 5.5.3. Fluidificadores de alimentos
  - 5.5.4. Encapsulado de alimentos
  - 5.5.5. Nuevos nanoalimentos
  - 5.5.6. Biosensores para control de calidad
  - 5.5.7. Gastronomía: cocina interactiva y cocina molecular
- 5.6. Cosmética
  - 5.6.1. Encapsulado y liberación controlada de cosméticos
  - 5.6.2. Protección de radiación ultravioleta mediante nanopartículas
  - 5.6.3. Cremas dentales con nanodispensadores de fluor, hidroxiapatita, etc.
- 5.7. Energía y medioambiente
  - 5.7.1. Nanotecnología y sostenibilidad
  - 5.7.2. Producción y Conversión de Energía
    - Energía Solar Fotovoltáica (de base inorgánica, orgánica, Grätzel, etc.)
    - Energía Solar Térmica
    - Conversión de Hidrógeno
    - Energía Termoeléctrica y Bioenergética
  - 5.7.3. Almacenamiento de Energía
    - Baterías recargables
    - Almacenamiento de Hidrógeno
    - Supercondensadores
  - 5.7.4. Ahorro de Energía
    - Aislamiento térmico
    - Procesos de combustión
    - Materiales más ligeros y más fuertes
  - 5.7.5. Nuevas Fuentes de Luz
    - Optoelectrónica
    - Fuentes de Luz más eficientes
    - Fuentes de Luz con mayor capacidad de iluminación
  - 5.7.6. Preservación del medioambiente

- Filtrado de agua y gases por membranas y sistemas nanoporosos
  - Nanotecnología y membranas de osmosis inversa
  - Fotocatálisis para depuración de agua
  - Depuración magnética
  - Nanosensores de contaminantes
- 5.8. Seguridad y Defensa
- 5.8.1. Armamento basado en Nanotecnología
  - 5.8.2. Detección de explosivos y armas biológicas.
  - 5.8.3. El concepto de “supersoldados”

#### RECURSOS PARA EL PROFESORADO

6. Implicaciones sociales, culturales y religiosos de la nanotecnología
- 6.1. El enfoque sistémico de la nanotecnología.
  - 6.2. Nanotecnología y desarrollo sostenible.
  - 6.3. Nanotecnología para salir de la pobreza.
  - 6.4. Nuevas tecnologías y riesgos. Casos: automóvil, avión, energía nuclear.
  - 6.5. Riesgos en nanotecnología: tecnologías sin control, sistemas autorreplicantes.
  - 6.6. Riesgos en nanotecnología: toxicidad de nanopartículas para trabajadores y consumidores.
  - 6.7. La comparación con los alimentos genéticamente modificados (transgénicos)
  - 6.8. Dos percepciones: la moratoria versus el control de riesgos.
  - 6.9. La responsabilidad de la comunidad científica
  - 6.10. La nanoética.
  - 6.11. Regulaciones y normas. Grupos de trabajo ISO, AENOR, OCDE, etc.
  - 6.12. Nanometrología. Nanoecotoxicología.
  - 6.13. Seguridad laboral en laboratorios y fábricas: principio de precaución.
  - 6.14. Los derechos del consumidor.
  - 6.15. El etiquetado en alimentos y cosmética. Normativa UE, EE.UU. y Canadá.
  - 6.16. Implicaciones culturales de la nanotecnología: impacto mediático, en internet, en cine, literatura, y arte. Hacia el nanoarte.
  - 6.17. ¿Hacia la nanocultura?
  - 6.18. Convergencias tecnológicas. Convergencia NBIC versus CTEKS.
  - 6.19. Nanotecnología y religión. El transhumanismo y la singularidad.
  - 6.20. La educación y la divulgación en nanotecnología.

#### RECURSOS PARA EL PROFESORADO

### BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

1. ALISIVIATOS, P. (2001): “Nanotecnología en medicina” en *Investigación y Ciencia*, 302:63-69.
2. AZKARATE, G. (coord.) (2008): *Aplicaciones Industriales de las Nanotecnologías en España en el Horizonte 2020*, Fundación OPTI y Fundación INASMET, Madrid.
3. COLLINS, P.G., y AVOURIS P. (2001): “Introducción de los nanotubos en el dominio de la electrónica” en *Investigación y Ciencia* 293:12-20.
4. CORREIA, A. (coord.) (2008): *Nanociencia y Nanotecnología en España: Un análisis de la situación presente y de las perspectivas de futuro*, Fundación Phantoms, Madrid. Este libro se puede descargar de la página web <http://www.phantomsnet.net/>

5. DE LOS ARCOS, M.T. (2008): La era del camaleón. Los desafíos de la nanotecnología del carbono, Síntesis, Madrid.
6. DELGADO, G.C. (2008): Guerra por lo invisible: negocio, implicaciones y riesgos de la nanotecnología, Ceeich, UNAM, México.
7. ECHEVARRÍA, J. (2005): "Gobernanza de las nanotecnologías" en Arbor 715:301-315.
8. FONTELA, E. (2006): "Nanotecnología y Economía" en Revista Sistema Madri+d, 15:53-60
9. GÓMEZ-ROMERO, P. (2007): Un planeta en busca de energía, Síntesis, Madrid.
10. GÓNZALEZ, J.M. et al. (2006): Informe de Vigilancia Tecnológica Madri+d "Nanomedicina", Fundación para el Conocimiento Madri+d y CEIM, Madrid. Este informe se encuentra en la página web: <http://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/Vigilancia-tecnologica/default.asp>
11. GUTIÉRREZ, J.A. et al. (2004): "La luz sincrotrón: una herramienta extraordinaria para la ciencia" en Apuntes de Ciencia y Tecnología 12:37-46.
12. LECHUGA, L. (2006): "Nanobiotecnología: avances diagnósticos y terapéuticos" en Revista Sistema Madri+d, 15:43-52.
13. LIEBER, C.M. (2001): "Nanocircuitos" en Investigación y Ciencia 302:54-61.
14. LÓPEZ FANDIÑO, R. y MEDINA MÉNDEZ, I. (coord.) (2009): La alimentación en el s. XXI, CSIC y La Catarata, Madrid.
15. MARTÍN-GAGO, J.A. et al. (2008): Unidad Didáctica Nanociencia y Nanotecnología. Entre la ciencia ficción del presente y la tecnología del futuro, Fundación Española de Ciencia y Tecnología (FECYT), Madrid. Este libro se puede descargar de la página web <http://www.fecyt.es>
16. MARTÍN-GAGO, J.A. y MÉNDEZ J. (2005): "Nanotecnología, macromoléculas y manipulación molecular" en Revista Española de Física, 19(2):19-23.
17. MIJANGOS, C. y MOYA J.S. (coord.) (2007): Nuevos materiales en la sociedad del siglo XXI, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid. Este libro puede descargarse en la página web <http://www.csic.es/web/guest/coleccion-divulgacion>
18. MONTERO, M.I. y SCHULLER, I.K. (2003): "Nanoestructuras: un viaje de tres a cero dimensiones" en Revista Española de Física, 17(2): 35-39
19. Página web con recursos educativos de la Iniciativa Nacional de Nanotecnología de los EE.UU.: [http://www.nano.gov/html/edu/home\\_edu.html](http://www.nano.gov/html/edu/home_edu.html)
20. Página web con recursos educativos en nanotecnología: <http://www.nanoed.org/>
21. Página web de la Iniciativa Nacional de Nanotecnología de los EE.UU.: <http://www.nni.gov>
22. Página web de la Plataforma Española de Nanomedicina: <http://www.nanomedspain.net>
23. Página web de la Red Española de Nanotecnología: <http://www.nanospain.org>
24. Página web de NANOART 21: <http://www.nanoart21.org/>
25. RIVAS MARTÍNEZ, M.J. et al. (2007): Informe de Vigilancia Tecnológica Madri+d "Aplicaciones actuales y futuras de los nanotubos de carbono", Fundación Madri+d para el Conocimiento y CEIM, Madrid. Este informe se encuentra en la página web: <http://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/Vigilancia-tecnologica/default.asp>
26. SERENA, P.A (2010): "La revolución de lo pequeño. Medio siglo de nanotecnología" en Mètode 65: 51-57.
27. SHAPIRO E. y BENENSON, Y. (2006): "Computadores de ADN" en Investigación y Ciencia 358:14-21.
28. TOUMEY, C. (2010): "El bien y el mal de átomos y moléculas. Religión y nanotecnología", en Mètode 65:81-85.
29. VIGNERON, J.P. y GOFFAUX, C (2002): "Las nuevas microscopías" en Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales 31:47-60

### EVALUACIÓN

Al finalizar el curso se entregará un cuestionario a los asistentes, que permitirá valorar el grado de entendimiento de los conceptos fundamentales expuestos. Será condición necesaria para la obtención de los créditos previstos, la superación de dicho cuestionario o, en su defecto, la realización de un trabajo-proyecto, valorado por el director o responsable de la actividad.

En el caso de elección de un trabajo-proyecto los participantes (grupos de tres) seleccionarán un tema para proyecto final, y la nota del curso se basará en el reporte del proyecto por escrito (máximo 10 – 15 folios) y su presentación oral (15 minutos). Se facilitará un esquema o guión para el desarrollo de los trabajos y las exposiciones. La presentación oral de los trabajos puede extenderse fuera del horario del Curso en función del número de participantes.

Será obligatoria la asistencia al total de las clases de la fase presencial (teóricas y visita educativa al ICMM-CSIC) de la actividad para considerar superado el curso.

PLANIFICACIÓN DEL CURSO “INTRODUCCIÓN A LA NANOTECNOLOGÍA: ACTUALIDAD Y PERSPECTIVAS”				
Semana	Clase Fecha	Tema y/o actividad	Duración (horas lectivas)	Profesores
1	Sesión 1 M 4 de octubre	Presentación del curso	15'	Joaquín Tutor Pedro Serena
		Capítulo 1 – Introducción	45'	Joaquín Tutor
		Capítulo 2 – Materiales Nanoestructurados • § 2.1, 2.2 y 2.3	2	Juan Carlos del Real
	Sesión 2 J 6 de octubre	Capítulo 2 – Materiales Nanoestructurados • §2.4, 2.5, 2.6 y 2.7	2	Joaquín Tutor
		Capítulos 2 Recursos didácticos	1	Joaquín Tutor
2	Sesión 3 M 11 de octubre	Capítulo 3 – Técnicas de caracterización • § 3.1, 3.2, 3.3 y 3.4	2	José Ángel Martín-Gago
		Capítulo 3 – Técnicas de caracterización • § 3.5	1	Pedro Serena
		Capítulos 3 Recursos didácticos		
	Sesión 4 J 13 de octubre	Capítulo 4 – Técnicas de Fabricación y Procesamiento • § 4.1, 4.2, 4.3 y 4.4	2	Agustina Asenjo
		Capítulos 4 Recursos didáctico	1	Joaquín Tutor

3	Sesión 5 M 18 de octubre	Capítulo 5 – Aplicaciones de la Nanotecnología • § 5.1 al 5.5	2	Pedro Serena
		Capítulo 5 – Aplicaciones de la Nanotecnología • § 5.6, 5.7 y 5.8	1	Pedro Serena
	Sesión 6 J 20 de octubre	Capítulo 6 – Implicaciones Sociales, Culturales y Éticas de la Nanotecnología	2	María Ana Sáenz
		Capítulos 5 y 6 Recursos didácticos	1	Pedro Serena
4	Sesión 7 M 25 de octubre	Mesa redonda y debate sobre las aplicaciones de la Nanotecnología	3	Joaquín Tutor Pedro Serena Juan C. del Real María Ana Sáenz
	Sesión 8 J 27 de octubre	Visita Educativa al Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid, campus de Cantoblanco	3	Pedro Serena Agustina Asenjo José Ángel Martín Gago Jesús Ricote
5	Sesión 9 X 2 de noviembre	Mesa redonda resumen sobre la Nanotecnología en la Enseñanza	3	Joaquín Tutor Pedro Serena
	Sesión 10 J 3 de noviembre	Seminario de presentación de proyectos (EVALUACIÓN)	3	Joaquín Tutor Pedro Serena Agustina Asenjo Juan C. del Real María Ana Sáenz José Ángel Martín