

**Micro y Nanosistemas**

Código: 103298  
Créditos ECTS: 6

Titulación	Tipo	Curso	Semestre
2501922 Nanociencia y Nanotecnología	OB	4	1

## Contacto

Nombre: Núria Barniol Beumala

Correo electrónico: Nuria.Barniol@uab.cat

## Uso de idiomas

Lengua vehicular mayoritaria: catalán (cat)

Algún grupo íntegramente en inglés: No

Algún grupo íntegramente en catalán: Sí

Algún grupo íntegramente en español: No

## Equipo docente

Francesc Torres Canals

## Prerequisitos

Se recomienda cursar la asignatura simultánea o posteriormente a Nanofabricación.

## Objetivos y contextualización

El objetivo general del curso es que el alumno conozca los principales principios de transducción, los elementos y también las arquitecturas implicadas en el sensado y actuación a escala micro y nanométrica. Especial énfasis se hará a los efectos de la disminución de las dimensiones en la escala nanométrica.

## Competencias

- Adaptarse a nuevas situaciones.
- Aplicar las normas generales de seguridad y funcionamiento de un laboratorio y las normativas específicas para la manipulación de la instrumentación y de los productos y materiales químicos y biológicos teniendo en cuenta sus propiedades y riesgos.
- Aplicar los conceptos, principios, teorías y hechos fundamentales relacionados con la Nanociencia y Nanotecnología a la resolución de problemas de naturaleza cuantitativa o cualitativa en el ámbito de la Nanociencia y Nanotecnología.
- Aprender de forma autónoma.
- Comunicarse con claridad en inglés.
- Comunicarse de forma oral y escrita en la lengua nativa.
- Demostrar que comprende los conceptos, principios, teorías y hechos fundamentales relacionados con la Nanociencia y Nanotecnología.
- Desarrollar trabajos de síntesis, caracterización y estudio de las propiedades de materiales en la nanoescala en base a procedimientos previamente establecidos.
- Gestionar la organización y planificación de tareas.
- Interpretar los datos obtenidos mediante medidas experimentales, incluyendo el uso de herramientas informáticas, identificar su significado y relacionarlos con las teorías químicas, físicas o biológicas apropiada.

- Manipular los instrumentos y materiales estándares propios de laboratorios de ensayos físicos, químicos y biológicos para el estudio y análisis de fenómenos en la nanoescala.
- Obtener, gestionar, analizar, sintetizar y presentar información, incluyendo la utilización de medios telemáticos e informáticos.
- Operar con un cierto grado de autonomía e integrarse en poco tiempo en el ambiente de trabajo
- Proponer ideas y soluciones creativas.
- Razonar de forma crítica.
- Reconocer los términos relativos al ámbito de la Física, Química y Biología, así como a la Nanociencia y la Nanotecnología en lengua inglesa y utilizar eficazmente el inglés en forma escrita y oral en su ámbito laboral.
- Reconocer y analizar problemas físicos, químicos y biológicos en el ámbito de la Nanociencia y Nanotecnología, plantear respuestas o trabajos adecuados para su resolución, incluyendo en casos necesarios el uso de fuentes bibliográficas.
- Resolver problemas y tomar decisiones.
- Trabajar en equipo y cuidar las relaciones interpersonales de trabajo.

## Resultados de aprendizaje

1. Adaptarse a nuevas situaciones.
2. Aplicar los contenidos teóricos adquiridos a la explicación de fenómenos experimentales.
3. Aprender de forma autónoma.
4. Comunicarse con claridad en inglés.
5. Comunicarse de forma oral y escrita en la lengua nativa.
6. Describir la relación existente entre los elementos transductores y las tecnologías específicas para su fabricación.
7. Describir los elementos, arquitecturas y principios de los sistemas MEMS y NEMS e identificar sus principales aplicaciones.
8. Describir los principios de la transducción para la realización de sensores y actuadores y los efectos de la disminución de la dimensionalidad.
9. Describir los principios del modelado y sus principales herramientas para la simulación de los elementos transductores.
10. Diseñar micro y nanosistemas en función de especificaciones y teniendo en cuenta la tecnología.
11. Evaluar resultados experimentales de forma crítica y deducir su significado.
12. Gestionar la organización y planificación de tareas.
13. Identificar los principales elementos transductores y sus principios físico-químicos en estructuras mecánicas, dispositivos electrónicos básicos y materiales específicos para la transducción.
14. Interpretar discrepancias entre resultados teóricos y prácticos (incluyendo simulación) encontrados en las caracterizaciones de los dispositivos electrónicos.
15. Interpretar textos en inglés sobre aspectos relacionados con la Física y Química en Nanociencia y Nanotecnología.
16. Interpretar y racionalizar los resultados obtenidos en el laboratorio en procesos relacionados con la Física y Química en Nanociencia y Nanotecnología.
17. Interpretar y racionalizar los resultados obtenidos tanto en el laboratorio como en simulación de las caracterizaciones de los micro y nanosistemas y relacionarlos con los procesos transductores.
18. Llevar a cabo la caracterización de los micro y nanosistemas para la extracción de sus características transductoras principales.
19. Obtener, gestionar, analizar, sintetizar y presentar información, incluyendo el uso de medios telemáticos e informáticos.
20. Operar con un cierto grado de autonomía e integrarse en poco tiempo en el ambiente de trabajo
21. Predecir las modificaciones comportamentales de los transductores y dispositivos en función de la disminución de sus dimensiones a la escala nanométrica.
22. Proponer ideas y soluciones creativas.
23. Racionalizar los resultados obtenidos en el laboratorio en términos de las magnitudes físicas y de su relación con los fenómenos físicos observados.
24. Razonar de forma crítica.
25. Realizar búsquedas bibliográficas de documentación científica.
26. Realizar estudios de caracterización de materiales y nanomateriales para extraer sus propiedades transductoras en micro y nanosistemas.

27. Reconocer los términos propios de los Micro y Nanosistemas y de la Nanofotónica, nanoelectrónica y espintrónica.
28. Reconocer y proponer figuras de mérito de los micro y nanosistemas.
29. Redactar y exponer informes sobre la materia en inglés.
30. Resolver problemas con la ayuda de bibliografía complementaria proporcionada.
31. Resolver problemas y tomar decisiones.
32. Trabajar en equipo y cuidar las relaciones interpersonales de trabajo.
33. Utilizar correctamente los programas y herramientas de simulación específicos para micro y nanosistemas, incluyendo dispositivos nanoelectrónicos, nanomagnéticos y nanofotónicos.
34. Utilizar correctamente los protocolos de manipulación de la instrumentación, de reactivos y residuos químicos en los laboratorios propios de la materia.

## Contenido

### Unidad 1. Introducción

Definición de conceptos básicos (sensor / actuador / transductor). Micro y nanosistemas versus sistemas micro y nanoelectromecánicos (MEMS-NEMS). Origen histórico. La tecnología de micro y nanosistemas. Relación con la tecnología microelectrónica y las técnicas de micro y nanofabricación. Aplicaciones industriales y perspectivas de mercado.

### Unidad 2. Elementos transductores.

Estructuras mecánicas básicas de los MEMS: palancas, puentes, membranas. Materiales y principios de transducción: piezoresistivo, piezoeléctrica, electrostática, óptica, electromagnética.

### Unidad 3. Arquitecturas y principios de funcionamiento

Micro y nanosistemas DC (estáticos) y AC (dinámicos o resonantes). Técnicas de actuación y detección. Arquitecturas digitales y analógicas de transducción, tratamiento, amplificación y transmisión de la señal.

### Unidad 4. Modelización y simulación

Modelización y simulación de los elementos transductores: herramientas de simulación por elementos finitos (FEM). Simuladores mecánicos, electrónicos, electromagnéticos y de otros dominios de transducción. Modelización y simulación a nivel de sistema.

### Unidad 5. Escalado dimensional

Estudio de los efectos del escalado dimensional sobre las características y figuras de mérito de los micro y nanosistemas. Ventajas de los microsistemas respecto de los sistemas de dimensiones milimétricas. Límites del escalado en el régimen nanométrico.

### Unidad 6. Aplicaciones de los micro y nanosistemas

Sensores: temperatura, presión, desplazamiento, aceleración, fuerza, flujo, gases, demasiado. Aplicaciones a sensato químico y biológico. Aplicaciones ópticas. Actuadores: micromotores, microválvulas, microinterruptores. Procesadores de la señal: RF-MEMS, micro-osciladores, filtros, mezcladores. Generación de energía: scavengers, micropilas de combustible.

prácticas

Diseño y simulación de un M / NEMS

## Metodología

Clases teóricas. Explicación por parte del profesor de los conceptos fundamentales de cada uno de los temas. parte

los conceptos se introducirán como resolución de casos específicos.

Clases de problemas. Resolución y discusión por parte del proferssor de parte de los ejercicios y problemas entregados a los estudiantes.

Clases de prácticas. Realización de prácticas en el laboratorio específico. Parte de las

prácticas tendrán un guión específico y requerirán una resolución previa a partir de cálculos matemáticos o bien haciendo uso de una herramienta de simulación.

## Actividades

Título	Horas	ECTS	Resultados de aprendizaje
Tipo: Dirigidas			
Clases de problemas	10	0,4	2, 3, 10, 25, 12, 15, 19, 20, 21, 22, 24, 26, 28, 30, 31
Clases de teoría	27	1,08	1, 2, 5, 7, 8, 6, 10, 13, 15, 20, 21, 22, 24, 27, 28, 29
Prácticas de laboratorio	15	0,6	1, 2, 11, 4, 5, 18, 14, 16, 17, 19, 20, 22, 23, 24, 26, 29, 31, 32, 33, 34
Tipo: Autónomas			
Estudio para la asimilación de conceptos	46	1,84	2, 3, 25, 17, 15, 19, 28, 30
Lectura, resolución y redacción de los informes de las prácticas	20	0,8	2, 11, 5, 10, 14, 16, 17, 20, 21, 23, 29, 32, 33
Resolución de problemas	20	0,8	3, 10, 25, 12, 15, 20, 21, 22, 24, 28, 30, 31

## Evaluación

La evaluación de la asignatura tendrá 3 apartados diferenciados:

a) Se realizará obligatoriamente dos exámenes escritos sobre los conceptos impartidos en las clases de teoría y de problemas (con un peso de 25% por cada examen parcial). A final de curso se hará un último examen final para que los estudiantes puedan aprobar o mejorar su calificación. El peso de este examen escrito es del 50%. Para presentarse a este examen final, es necesario que los estudiantes se presenten a los dos exámenes parciales. En caso de que no presentación a los dos parciales, el estudiante será calificado con "no evaluable". Se requiere una calificación mínima de 4,5 en este apartado para hacer la ponderación con los apartados b) y c).

b) Se propondrá un trabajo de diseño de un micro-nanosistemas que el estudiante deberá trabajar en grupo y presentar en forma de póster al finalizar la asignatura. El peso de este trabajo será del 20%. Actividad obligatoria y no recuperable.

c) Las prácticas, que son obligatorias, tendrán un peso final del 30%. La evaluación de las mismas se hará con dos informes escritos realizados por los estudiantes en los que se detallarán los resultados experimentales de las prácticas, valorándose en especial la interpretación y discusión de los resultados en comparación con los esperados teóricamente y / o simulados. Actividad obligatoria y no recuperable.

## Actividades de evaluación

Título	Peso	Horas	ECTS	Resultados de aprendizaje
Entrega del trabajo de diseño de un Micro/nanosistema	20%	4	0,16	1, 3, 4, 5, 7, 6, 10, 25, 12, 13, 17, 15, 19, 20, 21, 22, 24, 27, 28, 29, 30, 32, 33

Evaluación de las prácticas	30%	2	0,08	2, 11, 4, 5, 10, 18, 25, 12, 14, 16, 17, 19, 20, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 29, 32, 33, 34
Exámenes parciales escritos (2)	25% por cada parcial	6	0,24	5, 7, 8, 9, 6, 10, 13, 14, 16, 17, 15, 21, 22, 24, 27, 28, 29, 31

## Bibliografía

*Handbook of Nanotechnology*. B. Bhushan. Springer-Verlag, (2004).

- *Fundamentals of Microfabrication. The Science of Miniaturization* (2nd edition). M.J. Madou. CRC Press, (2002).

- *Microsystems Design*. S.D. Senturia. Kluwer Academic Publishers (2001).

- *Sensors. Vol.7. Mechanical Sensors*. W. Göpel, J. Hesse, J.N. Zemel. Wiley-VCH.

- *Sensors (Update). Vol.4*. H. Baltes, W. Göpel, J. Hesse. Wiley-VCH.

- D. Sarid. *Scanning Force Microscopy*. Oxford University Press, (1991).

- *RF MEMS. Theory, design and technology*. G.M. Rebeiz. John Wiley and Sons (2003).

- *Practical MEMS*. Ville Kaajakari. Small Gear Publishing. ISBN: 978-0-9822991-0-4 (2009).

- *Handbook of Transducers*. Harry N. Norton. Ed. Prentice-Hall. Englewood Cliffs, NJ, 1989.

- *Semiconductor Sensors*, S.M. Sze editor, Ed. John Wiley & Sons, New York, 1994

- *Sensor Materials*, P.T.Moseley and A.J. Crocker, Ed. Institute of Physics Publishing (IOP), London 1996

- *Sensor technology and devices*, L. Ristic editor, Ed. Artech House, Boston 1994

- *Microsensors, Principles and Applications*, J.W. Gardner, Ed. John Wiley & sons, Chichester, 1994

- *Sensors and Transducers*, M.J. Usher and D.A. Keating, Ed. Macmillan, London, Second Edition 1996