

**Micro i Nanosistemes**

Codi: 103298

Crèdits: 6

Titulació	Tipus	Curs	Semestre
2501922 Nanociència i Nanotecnologia	OB	4	1

La metodologia docent i l'avaluació proposades a la guia poden experimentar alguna modificació en funció de les restriccions a la presencialitat que imposin les autoritats sanitàries.

**Professor/a de contacte**

Nom: Núria Barniol Beumala

Correu electrònic: Nuria.Barniol@uab.cat

**Utilització d'idiomes a l'assignatura**

Llengua vehicular majoritària: català (cat)

Grup íntegre en anglès: No

Grup íntegre en català: Sí

Grup íntegre en espanyol: No

**Equip docent**

Francesc Torres Canals

**Prerequisits**

Es recomana cursar l'assignatura simultàniament o posteriorment a Nanofabricació.

**Objectius**

L'objectiu general del curs és que l'alumne conegui els principals principis de transducció, els elements i també les arquitectures implicades en el sensat i actuació a escala micro i nanomètrica. Especial èmfasi es farà als efectes de la disminució de les dimensions a l'escala nanomètrica.

**Competències**

- Adaptar-se a noves situacions.
- Aplicar els conceptes, principis, teories i fets fonamentals relacionats amb la nanociència i la nanotecnologia a la resolució de problemes de natura quantitativa o qualitativa en l'àmbit de la nanociència i la nanotecnologia.
- Aplicar les normes generals de seguretat i funcionament d'un laboratori i les normatives específiques per a la manipulació de la instrumentació i dels productes i materials químics i biològics tenint en compte les seves propietats i els riscos.
- Aprendre de manera autònoma.
- Comunicar-se amb claredat en anglès.
- Comunicar-se oralment i per escrit en la llengua pròpia.
- Demostrar que es comprenen els conceptes, principis, teories i fets fonamentals relacionats amb la nanociència i la nanotecnologia.
- Desenvolupar treballs de síntesi, caracterització i estudi de les propietats dels materials en la nanoescala a partir de procediments establerts prèviament.
- Gestionar l'organització i la planificació de tasques.

- Interpretar les dades obtingudes mitjançant mesures experimentals, incloent-hi l'ús d'eines informàtiques, identificar-ne el significat i relacionar-les amb les teories químiques, físiques o biològiques apropiades.
- Manipular els instruments i materials estàndards propis dels laboratoris d'assaigs físics, químics i biològics per a l'estudi i l'anàlisi de fenòmens en la nanoescala.
- Obtenir, gestionar, analitzar, sintetitzar i presentar informació, incloent-hi la utilització de mitjans telemàtics i informàtics.
- Operar amb un cert grau d'autonomia.
- Proposar idees i solucions creatives.
- Raonar de forma crítica.
- Reconèixer els termes relatius als àmbits de la física, la química, la biologia, la nanociència i la nanotecnologia en llengua anglesa i fer servir l'anglès de manera eficaç per escrit i oralment en l'àmbit laboral.
- Reconèixer i analitzar problemes físics, químics i biològics en l'àmbit de la nanociència i la nanotecnologia i plantejar respostes o treballs adequats per a la seva resolució, incloent-hi en els casos necessaris l'ús de fonts bibliogràfiques.
- Resoldre problemes i prendre decisions.
- Treballar en equip i cuidar les relacions interpersonals de treball.

## Resultats d'aprenentatge

1. Adaptar-se a noves situacions.
2. Aplicar els continguts teòrics adquirits a l'explicació de fenòmens experimentals.
3. Aprendre de manera autònoma.
4. Avaluar els resultats experimentals de manera crítica i deduir-ne el significat.
5. Comunicar-se amb claredat en anglès.
6. Comunicar-se oralment i per escrit en la llengua pròpia.
7. Descriure els elements, arquitectures i principis dels sistemes MEMS i NEMS i identificar les seves principals aplicacions.
8. Descriure els principis de la transducció per a la realització de sensors i actuadors i els efectes de la disminució de la dimensionalitat.
9. Descriure els principis del modelatge i les seves principals eines per a la simulació dels elements transductors
10. Descriure la relació existent entre els elements transductors i les tecnologies específiques per a la seva fabricació.
11. Dissenyar micro i nanosistemes en funció d'especificacions i tenint en compte la tecnologia.
12. Dur a terme la caracterització dels micro i nanosistemes per a l'extracció de les seves característiques transductores principals.
13. Fer cerques bibliogràfiques de documentació científica.
14. Gestionar l'organització i la planificació de tasques.
15. Identificar els principals elements transductors i els seus principis fisicoquímics en estructures mecàniques, dispositius electrònics bàsics i materials específics per a la transducció.
16. Interpretar discrepàncies entre resultats teòrics i pràctics (incloent-hi la simulació) trobats a les caracteritzacions dels dispositius electrònics.
17. Interpretar i racionalitzar els resultats obtinguts en el laboratori en processos relacionats amb la física i química en nanociència i nanotecnologia.
18. Interpretar i racionalitzar els resultats obtinguts tant al laboratori com en simulació de les caracteritzacions dels micro i nanosistemes i relacionar-los amb els processos transductors.
19. Interpretar textos en anglès sobre aspectes relacionats amb la física i química en nanociència i nanotecnologia.
20. Obtenir, gestionar, analitzar, sintetitzar i presentar informació, incloent-hi la utilització de mitjans telemàtics i informàtics.
21. Operar amb un cert grau d'autonomia.
22. Predir les modificacions comportamentals dels transductors i dispositius en funció de la disminució de les seves dimensions a l'escala nanomètrica.
23. Proposar idees i solucions creatives.
24. Racionalitzar els resultats obtinguts al laboratori en termes de les magnituds físiques i de la seva relació amb els fenòmens físics observats.

25. Raonar de forma crítica.
26. Realitzar estudis de caracterització de materials i nanomaterials per extreure les seves propietats transductores en micro i nanosistemes
27. Reconèixer els termes propis dels micro i nanosistemes i de la nanofotònica, nanoelectrònica i espintrònica.
28. Reconèixer i proposar figures de mèrit dels micro i nanosistemes.
29. Redactar i exposar informes sobre la matèria en anglès.
30. Resoldre problemes amb l'ajuda de bibliografia complementària proporcionada.
31. Resoldre problemes i prendre decisions.
32. Treballar en equip i cuidar les relacions interpersonals de treball.
33. Utilitzar correctament els programes i eines de simulació específics per a microsistemes i nanosistemes, incloent dispositius nanoelectrònics, nanomagnètics i nanofotònics.
34. Utilitzar correctament els protocols de manipulació de la instrumentació, de reactius i residus químics i el laboratori propi de la matèria.

## Continguts

### Unitat 1. Introducció

Definició de conceptes bàsics (sensor/actuador/transductor). Micro i nanosistemes *versus* sistemes micro i nanoelectromecànics (MEMS-NEMS). Origen històric. La tecnologia de micro i nanosistemes. Relació amb la tecnologia microelectrònica i les tècniques de micro i nanofabricació. Aplicacions industrials i perspectives de mercat.

### Unitat 2. Elements transductors.

Estructures mecàniques bàsiques dels MEMS: palanques, ponts, membranes. Materials i principis de transducció: piezoresistiva, piezoelèctrica, electrostàtica, òptica, electromagnètica.

### Unitat 3. Arquitectures i principis de funcionament

Micro i nanosistemes DC (estàtics) i AC (dinàmics o ressonants). Tècniques d'actuació i detecció. Arquitectures digitals i analògiques de transducció, tractament, amplificació i transmissió del senyal.

### Unitat 4. Modelització i simulació

Modelització i simulació dels elements transductors: eines de simulació per elements finits (FEM). Simuladors mecànics, electrònics, electromagnètics i d'altres dominis de transducció. Modelització i simulació a nivell de sistema.

### Unitat 5. Escalat dimensional

Estudi dels efectes de l'escalat dimensional sobre les característiques i figures de mèrit dels micro i nanosistemes. Avantatges dels microsistemes respecte dels sistemes de dimensions mil·limètriques. Límits de l'escalat en el règim nanomètric.

### Unitat 6. Aplicacions dels micro i nanosistemes

Sensors: temperatura, pressió, desplaçament, acceleració, força, flux, gasos, massa. Aplicacions a sensat químic i biològic. Aplicacions òptiques. Actuadors: micromotors, microvàlvules, microinterruptors. Processadors del senyal: RF-MEMS, micro-oscil·ladors, filtres, mescladors. Generació d'energia: *scavengers*, micropiles de combustible.

### Pràctiques

- Disseny i simulació d'un M/NEMS
- Caracterització experimental d'un MEMS

## Metodologia

Classes teòriques. Explicació per part del professor dels conceptes fonamentals de cada un dels temes. Part dels conceptes s'introduiran com a resolució de casos específics.

Classes de problemes. Resolució i discussió per part del professor de part dels exercicis i problemes entregats als estudiants.

Classes de pràctiques. Realització de pràctiques en el laboratori específic. Part de les pràctiques tindran un guió específic i requeriran una resolució prèvia a partir de càlculs matemàtics o bé fent ús d'una eina de simulació.

Nota: es reservaran 15 minuts d'una classe, dins del calendari establert pel centre/titulació, per a la complementació per part de l'alumnat de les enquestes d'avaluació de l'actuació del professorat i d'avaluació de l'assignatura/mòdul.

## Activitats formatives

Títol	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
Tipus: Dirigides			
Classes de problemes	10	0,4	2, 3, 11, 13, 14, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 28, 30, 31
Classes de teoria	27	1,08	1, 2, 6, 7, 8, 10, 11, 15, 19, 21, 22, 23, 25, 27, 28, 29
Pràctiques de laboratori	15	0,6	1, 2, 4, 5, 6, 12, 16, 17, 18, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 29, 31, 32, 33, 34
Tipus: Autònomes			
Estudi per a l'assimilació de conceptes	46	1,84	2, 3, 13, 18, 19, 20, 28, 30
Lectura, resolució i redacció dels informes de les pràctiques	20	0,8	2, 4, 6, 11, 16, 17, 18, 21, 22, 24, 29, 32, 33
Resolució de problemes	20	0,8	3, 11, 13, 14, 19, 21, 22, 23, 25, 28, 30, 31

## Avaluació

L'avaluació de l'assignatura tindrà 3 apartats diferenciats:

a) Es realitzarà obligatòriament dos examens escrits sobre els conceptes impartits a les classes de teoria i de problemes (amb un pes de 25% per cada examen parcial). Per fer la mitja dels dos parcials, es necessita un mínim de 3.5 en cada un d'ells. A final de curs es farà un darrer examen final per tal de que els estudiants puguin aprovar o millorar la seva qualificació. Per presentar-se a aquest examen final, cal que els estudiants es presentin als dos examens parcials. En cas de que no presentació als dos parcials, l'estudiant serà qualificat amb "no avaluable". Es requereix una qualificació mínima de 4,5 en aquest apartat per tal de fer la ponderació amb els apartats b) i c).

b) Es proposarà un treball de disseny d'un micro-nanosistema que l'estudiant haurà de treballar en grup i presentar en forma de poster al finalitzar l'assignatura. El pes d'aquest treball serà del 20%. Activitat obligatòria i no recuperable.

c) Les pràctiques, que són obligatòries, tindran un pes final del 30%. L'avaluació de les mateixes es farà amb dos informes escrits realitzats pels estudiants en els que es detallaran els resultats experimentals de les pràctiques, valorant-en especialment la interpretació i discussió dels resultats en comparació amb els esperats teòricament i/o simulats. . Activitat obligatòria i no recuperable.

## Activitats d'avaluació

Títol	Pes	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
Avaluació de les pràctiques	30%	2	0,08	2, 4, 5, 6, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 32, 33, 34
Entrega treball de disseny d'un Micro/nanosistema	20%	4	0,16	1, 3, 5, 6, 7, 10, 11, 13, 14, 15, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 27, 28, 29, 30, 32, 33
Examens parcials escrits (2)	25% cada parcial	6	0,24	6, 7, 8, 9, 10, 11, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 23, 25, 27, 28, 29, 31

## Bibliografia

# Sensors, Actuators and their interfaces: a multidisciplinary introduction. Ida, N. 978-1-61353-006-1 (2020), eBook

Analysis and design principles of MEMS devices. Minhang, Bao. ISBN: 978-0-444-51616-9, (2005), eBook

Understanding MEMS : Principles and Applications, Luis Castañer, Willey, ISBN: 978-1-119-05542-6 (2015), eBook

-MEMS Mechanical Sensors (Artech House microelectromechanical systems (MEMS) series), Steve Beeby et al. ISBN: 978-1-58053-536-6 (2004), eBook

*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

**-Sensors, Actuators and their interfaces: a multidisciplinary introduction. Ida, N. 978-1-61353-006-1 (2020), eBook**

**-Analysis and design principles of MEMS devices. Minhang, Bao. ISBN: 978-0-444-51616-9, (2005), eBook**

**-Understanding MEMS : Principles and Applications, Luis Castañer, Willey, ISBN: 978-1-119-05542-6 (2015), eBook**

**-MEMS Mechanical Sensors (Artech House microelectromechanical systems (MEMS) series), Steve Beeby et al. ISBN: 978-1-58053-536-6 (2004), eBook**

## Programari

Elmer, programari que permet simulacions amb elements finits, <http://www.elmerfem.org/blog/documentation/>

Salome, programari disseny dels sistemes per a ser analitzats amb el software Elmer d'elements finits, <https://www.salome-platform.org/>

Pspice, programari per a la simulació elèctrica, <https://www.orcad.com/pspice-free-trial>