

| Titulació                            | Tipus | Curs | Semestre |
|--------------------------------------|-------|------|----------|
| 2501922 Nanociència i Nanotecnologia | OB    | 4    | 1        |

## Professor 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

Gabriel Abadal Berini

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, incluent-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, incluent-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 microsisitemes 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 microsisitemes 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 (15 hores: 5 sessions de 3 hores cada una)

-Disseny i simulació d'un M/NEMS

-Caracterització experimental de la resposta estàtica i dinàmica d'un ressonador M/NEMS

## 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.

## Activitats formatives

| Títol                                                         | Hores | ECTS | Resultats d'aprenentatge                                                  |
|---------------------------------------------------------------|-------|------|---------------------------------------------------------------------------|
| <b>Tipus: Dirigides</b>                                       |       |      |                                                                           |
| 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 |
| <b>Tipus: Autònomes</b>                                       |       |      |                                                                           |
| 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:

- Es realitzarà obligatòriament dos examens escrits sobre els conceptes impartits a les classes de teoria i de problemes. A final de curs es farà un darrer examen final per tal de que els estudiants puguin aprovar o millorar la seva qualificació. El pes d'aquest examen escrit és del 60%. Es requereix una qualificació mínima de 4,5 en aquest apartat per tal de fer la ponderació.
- 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%
- Les pràctiques, que són obligatòries, tindran un pes final del 20%. 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. El pes d'aquests informes serà del 20%

## Activitats d'avaluació

| Títol | Pes | Hores | ECTS | Resultats d'aprenentatge |
|-------|-----|-------|------|--------------------------|
|-------|-----|-------|------|--------------------------|

|                                                   |     |   |      |                                                                                        |
|---------------------------------------------------|-----|---|------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| Avaluació de les pràctiques                       | 20% | 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  |
| Examen escrit                                     | 60% | 6 | 0,24 | 6, 7, 8, 9, 10, 11, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 23, 25, 27, 28, 29, 31                     |

## Bibliografia

- 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