

## Nanotecnologia per a la Informació i les Comunicacions

2015/2016

Codi: 103295

Crèdits: 6

| Titulació                            | Tipus | Curs | Semestre |
|--------------------------------------|-------|------|----------|
| 2501922 Nanociència i Nanotecnologia | OT    | 4    | 0        |

### Professor de contacte

Nom: Xavier Cartoixa Soler

Correu electrònic: Xavier.Cartoixa@uab.cat

### Utilització de llengües

Llengua vehicular majoritària: català (cat)

### Equip docent

Jorge Sacristán Riquelme

### Prerequisits

Cal tenir coneixements bàsics de Mecànica Quàntica, dispositius electrònics, i estat sòlid.

### Objectius

- Identificar els límits físics de la tecnologies actuals de processat de la informació i conèixer quines alternatives es proposen des de la nanotecnologia.
- Conèixer els fonaments de les diferents aproximacions al transport electrònic en dispositius.
- Descriure el funcionament de dispositius nanoelectrònics, nanofotònics i espintrònics.

### 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.
- 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.
- 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.
- 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. Construir simuladors numèrics simples i aplicar-los a la modelització de dispositius electrònics, magnètics, tèrmics, òptics i mecànics en l'escala nanomètrica.
8. Descriure el funcionament dels principals dispositius nanoelectrònics: díodes túnel ressonant, contactes puntuals, quàntum dots, transistors d'un sol electró i basats en nanotubs i nanofil·ls, dispositius d'espín...
9. Descriure els fonaments de la interacció entre la matèria i la llum en l'escala nanomètrica i els principals dispositius nanofotònics.
10. Descriure els principis de la plasmònica.
11. Descriure els principis de l'electrònica molecular.
12. Descriure les principals eines i mètodes per a la manipulació òptica d'objectes nanomètrics.
13. Descriure les tipologies de nanoestructures magnètiques i les seves propietats i identificar els principis de l'espintrònica.
14. Descriure l'impacte socioeconòmic dels nous dispositius electrònics, magnètics i fotònics en les tecnologies de la informació i les comunicacions.
15. Dissenyar dispositius electrònics bàsics, establint la relació amb la tecnologia de fabricació (incloent materials, dimensions i dopatges) amb les seves especificacions a nivell elèctric
16. Fer cerques bibliogràfiques de documentació científica.
17. Gestionar l'organització i la planificació de tasques.
18. Identificar els límits físics de la tecnologia CMOS i descriure les tendències actuals de la nanoelectrònica.
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. Proposar i dissenyar dispositius nanoelectrònics, nanomagnètics i nanofotònics en funció d'especificacions i tenint en compte la tecnologia.
23. Proposar idees i solucions creatives.
24. Raonar de forma crítica.
25. Reconèixer la necessitat de tractament multiescala per a la simulació del transport electrònic en dispositius de dimensions nanomètriques.
26. Redactar i exposar informes sobre la matèria en anglès.
27. Resoldre problemes amb l'ajuda de bibliografia complementària proporcionada.
28. Resoldre problemes i prendre decisions.
29. Treballar en equip i cuidar les relacions interpersonals de treball.
30. Utilitzar correctament els programes de simulació específics tant físics com electrònics per a estudiar els dispositius electrònics.
31. Utilitzar correctament els programes i eines de simulació específics per a dispositius nanoelectrònics, nanomagnètics i nanofotònics.

## Continguts

### 1. Transport electrònic i simulació de dispositius electrònics

Fonaments de dispositius semiconductors. Equació de la massa efectiva. Equació de Boltzmann. Simulació Monte Carlo del transport en dispositius.

### 2. Dispositius nanoelectrònics basats en càrrega

El transistor MOS. Evolució de la tecnologia de dispositius semiconductors (ITRS). Memòries. Dispositius quàntics (RTD, contactes puntuals). Dispositius d'un sol electró. Dispositius avançats d'efecte de camp. Electrònica molecular.

### 3. Dispositius fotònics i optoelectrònics

Isomorfisme entre equacions de Maxwell i Schrödinger. Cristalls fotònics, defectes, guies d'ona i localització d'Anderson. Transicions òptiques i regles de selecció en semiconductors. Làsers basats en nanoestructures (pou i punt quàntic, VCSELs, de cascada quàntica...). Plasmònica. Fotons entrelaçats per a criptografia quàntica. Nanofotònica i el mercat.

### 4. Dispositius nanoelectrònics basats en spin

Dinàmica de spins aïllats i en sòlids. Vàlvules de spin i magnetoresistència gegant. Capçals de lectura en discs durs, acobladors de circuits. Spin-transfer torque. Memòries RAM magnètiques (MRAMs). Injecció de spins a semiconductors. Mecanismes de relaxació de spins en semiconductors. Transistors de spin. Computació quàntica basada en spins.

## Metodologia

La formació es basarà en classes magistrals complementades amb pràctiques d'aula i de laboratori. Es faran activitats autònomes que inclouran la resolució de problemes, la lectura crítica de textos.

## Activitats formatives

| Títol                                           | Hores | ECTS | Resultats d'aprenentatge                                            |
|-------------------------------------------------|-------|------|---------------------------------------------------------------------|
| <b>Tipus: Dirigides</b>                         |       |      |                                                                     |
| Classes magistrals                              | 30    | 1,2  | 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 18, 23, 24, 25                         |
| Pràctiques d'aula                               | 10    | 0,4  | 2, 4, 6, 7, 20, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 30, 31                      |
| Pràctiques de laboratori                        | 8     | 0,32 | 1, 2, 4, 5, 7, 17, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 28, 29, 30, 31           |
| <b>Tipus: Autònomes</b>                         |       |      |                                                                     |
| Estudi de fonaments teòrics                     | 48    | 1,92 | 1, 3, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 24, 25      |
| Resolució de problemes i treballs de laboratori | 50    | 2    | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 31 |

## Avaluació

La realització de les pràctiques de laboratori és obligatòria, i cal aprovar les pràctiques separadament.

Per a aprovar l'assignatura cal una nota mínima de 4 en la prova de síntesi.

### Activitats d'avaluació

| Títol                             | Pes | Hores | ECTS | Resultats d'aprenentatge                        |
|-----------------------------------|-----|-------|------|-------------------------------------------------|
| Pràctiques de laboratori          | 25% | 0     | 0    | 1, 2, 3, 4, 5, 17, 20, 21, 23, 24, 26, 28, 29   |
| Problemes i treballs independents | 25% | 0     | 0    | 4, 6, 16, 17, 19, 20, 21, 24, 27, 28, 29        |
| Prova de síntesi                  | 50% | 4     | 0,16 | 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 18, 24, 25, 28 |

### Bibliografia

S. V. Gaponenko

Introduction to Nanophotonics

Cambridge University Press (2010)

P.N. Prasad

Nanophotonics

Wiley (2004)

Y. Tsividis and C. McAndrew

Operation and Modeling of the MOS Transistor

Oxford University Press (2010)

S.M Sze and K.K. Ng

Physics of Semiconductor Devices

Wiley (2007)

J. Burghartz

Guide to State-of-the-Art Electron Devices

Wiley (2013)

R. Waser

Nanoelectronics and Information Technology

Wiley (2005)

S. Bandyopadhyay and M. Cahay

Introduction to spintronics

CRC Press (2008)

M. Lundstrom

Fundamentals of carrier transport

Cambridge University Press (2009)