

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

### Professor/a de contacte

Nom: Xavier Cartoixa Soler

Correu electrònic: xavier.cartoixa@uab.cat

### Equip docent

Jorge Francisco Suñé Tarruella

### Idiomes dels grups

Podeu consultar aquesta informació al [final](#) del document.

### 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 nanofils, 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 l'electrònica molecular.
11. Descriure els principis de la plasmònica.
12. Descriure l'impacte socioeconòmic dels nous dispositius electrònics, magnètics i fotònics en les tecnologies de la informació i les comunicacions.
13. Descriure les principals eines i mètodes per a la manipulació òptica d'objectes nanomètrics.
14. Descriure les tipologies de nanoestructures magnètiques i les seves propietats i identificar els principis de l'espintrònica.
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, incluent-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 nanofòtics.

## Continguts

### 1. El transistor MOS en el model de transport difusiu

Introducció a la nanoelectrònica. Corrents en el MOSFET. Electrostatica del transistor. Límits del model clàssic.

### 2. El model de transport de Landauer

Formulació del model. Conductància quantitzada. El MOSFET bal·lístic i quasi-bal·lístic.

### 3. Circuits neuromòrfics amb memristors

Propietats i implementacions en estat sòlid dels memristors. Xarxes neuronals per a intel·ligència artificial implementada en hardware.

### 4. 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...). Fotons entrelaçats per a criptografia quàntica. Nanofòtica i el mercat.

### 5. 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.

## Activitats formatives i Metodologia

| Títol                    | Hores | ECTS | Resultats d'aprenentatge                                  |
|--------------------------|-------|------|---|
| Tipus: Dirigides         |       |      |   |
| Classes magistrals       | 30    | 1,2  | 6, 9, 13, 8, 10, 11, 12, 14, 18, 23, 24, 25               |
| Pràctiques d'aula        | 10    | 0,4  | 2, 7, 6, 30, 31, 4, 20, 22, 23, 24, 25, 28, 27            |
| Pràctiques de laboratori | 8     | 0,32 | 1, 2, 7, 5, 30, 31, 4, 26, 17, 20, 21, 22, 23, 24, 28, 29 |

Tipus: Autònomes

|   |    |      |   |
|---|----|------|---|
| Estudi de fonaments teòrics                     | 48 | 1,92 | 1, 9, 13, 8, 10, 11, 12, 14, 18, 19, 3, 17, 20, 21, 16, 24, 25      |
| Resolució de problemes i treballs de laboratori | 50 | 2    | 1, 2, 7, 5, 6, 31, 4, 26, 19, 3, 17, 20, 21, 16, 22, 23, 24, 28, 27 |

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.

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.

## Avaluació

### Activitats d'avaluació continuada

| Títol                             | Pes | Hores | ECTS | Resultats d'aprenentatge                                     |
|-----------------------------------|-----|-------|------|--|
| Problemes i treballs independents | 20% | 0     | 0    | 6, 4, 19, 17, 20, 21, 16, 24, 28, 27, 29                     |
| Prova de síntesi                  | 55% | 4     | 0,16 | 7, 6, 9, 13, 8, 10, 11, 12, 14, 15, 18, 24, 25, 28           |
| Pràctiques de laboratori          | 25% | 0     | 0    | 1, 2, 7, 5, 30, 31, 4, 26, 3, 17, 20, 21, 22, 23, 24, 28, 29 |

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

### Avaluació continuada

Per a aprovar l'assignatura cal una nota mínima de 4 en la prova de síntesi. Això es pot obtenir o bé:

- Quan el promig de les proves parcials de síntesi assoleixi el 4, i cap de les proves parcials tingui una qualificació inferior a 2.
- Quan la prova de síntesi de recuperació assoleixi el mínim de 4.

Per presentar-se a la prova de síntesi de recuperació cal haver-se presentat prèviament a les dues proves parcials de síntesi i haver aprovat les pràctiques.

### Avaluació única

L'alumnat que s'hagi acollit a la modalitat d'avaluació única haurà de realitzar una prova final que consistirà en un examen escrit de tot el temari teòric i de problemes de

l'assignatura, i una prova oral on es cobriran aspectes de la part de teoria que no hagin estat tractats a la prova escrita. Aquestes proves es realitzaran el dia en què els i les estudiants de l'avaluació contínua fan l'examen del segon parcial.

La prova escrita determinarà la nota que entrarà a la "Prova de síntesi", mentre que la prova oral determinarà la nota que entrarà a "Problemes i treballs independents".

Si la nota de la prova de síntesi no arriba a 4, o la nota final no arriba a 5, l'estudiant té una altra oportunitat de superar l'assignatura mitjançant l'examen escrit de recuperació que se celebrarà en la data que fixi la coordinació de la titulació. En aquesta prova es podrà recuperar el 75% de la nota corresponent a l'assignatura; és a dir, la nota obtinguda substituirà la de les proves escrita i oral de l'avaluació única. La part de pràctiques no és recuperable.

*Matrícules d'honor i pujar nota*

Les matrícules d'honor es concediran amb preferència als resultats de les proves de síntesi parcials (av. continuada) / escrita+oral (av. única) sobre la de recuperació. Es podrà anar a la prova de síntesi de recuperació a pujar nota, però en cas d'obtenir una qualificació inferior a la de la mitjana de les proves parcials/ escrita+oral, la qualificació de síntesi final serà la mitjana entre el promig dels parcials i la nota de recuperació.

Les proves de síntesi podran ser substituïdes per problemes i treballs independents addicionals si les autoritats determinen que no es puguin realitzar exàmens presencials.

## **Bibliografia**

S. V. Gaponenko

Introduction to Nanophotonics

Cambridge University Press (2010)

P.N. Prasad

Nanophotonics

Wiley (2004)

Y. Tsididis 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)

## Programari

Una de les pràctiques requerirà ús de Matlab/Octave/python.

## Llista d'idiomes

| Nom                             | Grup | Idioma          | Semestre            | Torn      |
|---------------------------------|------|-----------------|---------------------|-----------|
| (PAUL) Pràctiques d'aula        | 1    | Català/Espanyol | primer quadrimestre | matí-mixt |
| (PLAB) Pràctiques de laboratori | 1    | Català/Espanyol | primer quadrimestre | tarda     |
| (TE) Teoria                     | 1    | Català/Espanyol | primer quadrimestre | matí-mixt |