

Titulació	Tipus	Curs
Nanociència Aplicada: de Materials a Dispositius / Applied Nanoscience: From Materials to Devices	OP	1

Professor/a de contacte

Nom : Jordi Sort Viñas

Correu electrònic : jordi.sort@uab.cat

Equip docent (extern a la UAB)

Anna Palau Masoliver

Gustau Catalan Bernabé

Idiomes dels grups

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

Prerequisits

Els estudiants que participin en aquest mòdul haurien de tenir formació prèvia en Física, així com coneixements en Química i Ciència de Materials. Els estudiants també haurien de tenir habilitats en la gestió d'aplicacions d'oficina habituals i disposar del nivell d'anglès necessari per comprendre classes, textos científics, documents, seminaris i conferències.

Objectius

Els objectius d'aquest mòdul poden resumir-se així:

1. Analitzar els fenòmens de correlació electrònica en nanomaterials i relacionar-los amb les propietats quàntiques emergents, aplicant coneixements de física de materials avançada.
2. Seleccionar i categoritzar materials quàntics en funció de la seva funcionalitat i potencial d'integració en dispositius, considerant les seves propietats electròniques i quàntiques.
3. Interpretar i avaluar els efectes de la correlació quàntica en el comportament de dispositius nanoestructurats, incloent-hi la seva caracterització i mesura.
4. Dissenyar conceptualment dispositius basats en materials quàntics, identificant aplicacions potencials en sectors tecnològics i productius.

Resultats d'aprenentatge

- CA26 (Dissenyar dispositius basats en materials quàntics amb potencials aplicacions en sectors productius.) Dissenyar dispositius basats en materials quàntics amb potencials aplicacions en sectors productius.
- CA27 (Mesurar els efectes de correlació quàntica en dispositius.) Mesurar els efectes de correlació quàntica en dispositius.
- KA26 (Identificar els fenòmens bàsics de correlació electrònica en els nanomaterials.) Identificar els fenòmens bàsics de correlació electrònica en els nanomaterials.
- KA27 (Seleccionar materials quàntics segons la seva funcionalitat per a integrar-los en dispositius.) Seleccionar materials quàntics segons la seva funcionalitat per a integrar-los en dispositius.
- KA28 (Relacionar els nanomaterials amb els fenòmens quàntics i les seves aplicacions en dispositius.) Relacionar els nanomaterials amb els fenòmens quàntics i les seves aplicacions en dispositius.
- SA34 (Categoritzar materials quàntics segons la seva funcionalitat.) Categoritzar materials quàntics segons la seva funcionalitat.
- SA35 (Relacionar els diferents fenòmens emergents de la correlació electrònica amb les propietats.) Relacionar els diferents fenòmens emergents de la correlació electrònica amb les propietats.
- SA36 (Predir la possible emergència d'una propietat de correlació quàntica segons paràmetres fonamentals del material.) Predir la possible emergència d'una propietat de correlació quàntica segons paràmetres fonamentals del material.

Continguts

Bloc 1. Fonaments de correlació electrònica en materials quàntics

Introducció als materials quàntics: propietats quàntiques vs propietats "clàssiques". Superposició d'estats i qubits. Correlació electrònica: conceptes bàsics i transició metall-aïllant. Aproximació BCS a la superconductivitat. Spintrònica. Efectes de tamany i propietats emergents en nanoescala: efecte túnel. Introducció a ordres de càrrega i fases electròniques no trivials. Materials topològics, heteroestructures van der Waals i sistemes de Moiré. Els òxids de perovskita com a plataforma versàtil.

Bloc 2. Espintrònica i transport quàntic

Nanomagnetisme i mecànica quàntica. Ferromagnetisme i antiferromagnetisme. Principis de l'espintrònica i spin-orbitrònica. Interacció espín-càrrega i espín-òrbita. Fenòmens de transport en sistemes nanoestructurats. Materials espintrònics. Bescanvi polaritzat. Dispositius magnetoresistius (vàlvules d'espín, unions túnel). Ones d'espín (magnons). Textures magnètiques topològiques (skyrmions, vòrtex, hopfions).

Bloc 3. Transicions de fase, ferroics i dispositius ferroelèctrics

Materials ferroelèctrics i multiferroics. Dominis ferroelèctrics, parets de domini i propietats emergents. Fases electròniques protegides per simetria. Efectes de mida i despolarització. Efectes de deformació: "strain engineering" i flexoelectricitat. Dispositius basats en unions túnel ferroelèctriques. Aplicacions en memòries i electrònica funcional.

Bloc 4. Estats col·lectius i excitacions quàntiques

Transicions de fase en sistemes fortament correlacionats. Transicions metall-aïllant. Interaccions electró-fonó i electró-magnó. Superconductivitat convencional i no convencional. Superconductors d'alta temperatura crítica. Ones de densitat de càrrega i d'espín (CDW/SDW). Quasipartícules en superconductors i sistemes fortament correlacionats. Espintrònica superconductora. Unions Josephson i dispositius superconductors. Qubits superconductors. Emergència de propietats col·lectives en nanodispositius superconductors i híbrids. Aplicacions en sensors i tecnologies quàntiques.

Activitats formatives i Metodologia

Títol	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
Sessions de laboratori	2	0,08	CA26, CA27, KA27, KA28, SA36
Classes de teoria i problemes	15	0,6	CA26, CA27, KA26, KA27, KA28, SA34, SA35, SA36
Tutoria	2	0,08	CA26, CA27, KA26, KA27, KA28, SA34, SA35, SA36
Presentacions a classe per part dels estudiants	2	0,08	KA26, KA27, KA28, SA34, SA35, SA36
Estudi individual i preparació de la presentació a classe	46	1,84	CA26, CA27, KA26, KA27, KA28, SA34, SA35, SA36

La metodologia del curs combinarà classes magistrals tradicionals a l'aula amb activitats autònomes de l'estudiant orientades a consolidar i aprofundir en els conceptes treballats durant les sessions presencials. Aquestes activitats inclouran la lectura de bibliografia especialitzada (articles científics) i l'anàlisi crítica de resultats experimentals i casos d'estudi relacionats amb els materials quàntics i les seves aplicacions en dispositius avançats.

En particular, s'inclourà unes sessions demostratives al laboratori de caracterització de propietats de materials quàntics, amb l'objectiu d'introduir els estudiants a tècniques experimentals d'ús habitual en la recerca actual. Es presentaran diferents modalitats de microscòpia de sonda local basades en microscòpia de força atòmica (AFM), incloent-hi la microscòpia de força magnètica (MFM), la microscòpia de resposta piezoelèctrica (PFM) i la microscòpia de potencial Kelvin (KPFM), així com mesures de conductivitat elèctrica, entre d'altres. Es mostraran els principis físics de funcionament d'aquestes tècniques, la preparació de les mesures, l'adquisició i el tractament de dades, així com exemples de la seva aplicació en l'estudi de propietats magnètiques, ferroelèctriques, electròniques i topològiques en materials avançats.

Nota: es reservaran 15 minuts d'una classe, dins del calendari establert pel centre/titulació, perquè l'alumnat completi les enquestes d'avaluació de l'actuació del professorat i d'avaluació de l'assignatura.

Avaluació

Activitats d'avaluació continuada

Títol	Pes	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
Examen Final	50%	4	0,16	CA26, CA27, KA26, KA27, KA28, SA34, SA35, SA36
Sessió demostrativa de laboratori (caracterització de materials quàntics per a dispositius) mitjançant microscòpia de sonda de rastreig.	25%	2	0,08	CA27, KA27, KA28, SA34
Presentació a classe d'articles científics rellevants sobre materials quàntics per a dispositius	25%	2	0,08	CA26, KA26, KA27, KA28,

L'avaluació del mòdul es basarà en tres activitats complementàries. L'examen final representarà el 50% de la qualificació final i tindrà com a objectiu avaluar l'assimilació dels conceptes fonamentals i la capacitat de relacionar-los amb les propietats i aplicacions dels materials quàntics estudiats al llarg del curs.

Un 25% de la nota correspondrà a una presentació oral a classe, individual o en parella en funció del nombre d'estudiants matriculats. Aquesta activitat consistirà en l'anàlisi i discussió d'articles científics rellevants en l'àmbit dels materials quàntics per a dispositius, amb especial èmfasi en la comprensió dels resultats, la seva contextualització dins de l'estat de l'art i la capacitat de comunicació científica.

Finalment, el 25% restant s'avaluarà mitjançant la presentació d'un informe individual sobre la sessió demostrativa de laboratori. L'informe haurà de reflectir la comprensió dels principis físics i metodològics de les tècniques de caracterització presentades, així com la capacitat d'interpretar críticament les dades experimentals i relacionar-les amb les propietats dels materials estudiats.

Per superar l'assignatura caldrà obtenir una nota global igual o superior a 5 sobre un màxim de 10. Quan no se superi l'avaluació, es tindrà dret a una prova escrita de recuperació de tot el temari. Per poder accedir a la recuperació, és necessari haver estat avaluat prèviament en un conjunt d'activitats el pes de les quals equivalgui, com a mínim, a dos terços de la qualificació total de l'avaluació contínua. En aquest cas, a més, no es tindran en compte les qualificacions obtingudes en les proves prèvies de curta durada realitzades a l'aula ni les corresponents al lliurament d'informes de laboratori.

En cas que l'estudiant cometi qualsevol tipus d'irregularitat que pugui comportar una variació significativa de la qualificació d'un acte d'avaluació, aquest serà qualificat amb un 0, independentment del procés disciplinari que se'n pugui derivar. En cas que es verifiquin diverses irregularitats en els actes d'avaluació d'una mateixa assignatura, la qualificació final d'aquesta assignatura serà 0.

Aquesta assignatura no admet l'avaluació única.

Aquesta assignatura permet l'ús de tecnologies d'Intel·ligència Artificial (IA) exclusivament en la cerca bibliogràfica o cerca d'informació i la correcció de textos. La manca de transparència en l'ús de la IA en qualsevol activitat avaluable es considerarà una falta d'honestedat acadèmica i comportarà que l'activitat sigui qualificada amb un 0 i no pugui ser recuperada, o sancions majors en casos de gravetat.

Bibliografia

* Igor Žutić, Jaroslav Fabian, S. Das Sarma, "Spintronics: Fundamentals and applications", *Reviews of Modern Physics* 76, 323-410 (2004), DOI: <https://doi.org/10.1103/RevModPhys.76.323>.

* Atsufumi Hirohata et al., "Review on spintronics: Principles and device applications", *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* 509, 166711 (2020)

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2020.166711>

* Pavlo Zubko et al., "Interface Physics in Complex Oxide Heterostructures", *Annual Review of Condensed Matter Physics* 2, 141-165 (2011): <https://doi.org/10.1146/annurev-conmatphys-062910-140445>.

* Dobrovolskiy et al., Roadmap on nanoscale superconductivity for quantum technologies, *Superconductor Science & Technology* 39, 023502 (2026), DOI: <https://doi.org/10.1088/1361-6668/ae3030>

Programari

N/A

Grups i idiomes de l'assignatura

La informació proporcionada és provisional fins al 30 de novembre.
A partir d'aquesta data, podreu consultar l'idioma de cada grup a través d'aquest [enllaç](#). Per accedir a la informació, caldrà introduir el CODI de l'assignatura

Tipus de docència	Grup	Idioma	Semestre	Torn
(TEm) Teoria (màster)	1	Anglès	primer quadrimestre	tarda