

Titulació	Tipus	Curs
Nanociència i Nanotecnologia	OB	3

Professor/a de contacte

Nom : Xavier Oriols Pladevall

Correu electrònic : xavier.oriols@uab.cat

Prerequisits

Es requereixen coneixements bàsics de:

- Electrostàtica bàsica (conceptes de camp, potencial elèctric, etc.). És recomanable haver aprovat l'assignatura de *Física General*.
- Matemàtiques (nombres complexos, equacions diferencials bàsiques, etc.). És recomanable haver aprovat les assignatures de primer i segon curs de matemàtiques.
- Mecànica quàntica (equació de Schrödinger independent del temps). És recomanable haver aprovat l'assignatura *Fenòmens Quàntics I*.
- Cristal·lografia (periodicitat de la xarxa, cel·la primitiva, espai real i espai recíproc). És recomanable haver aprovat l'assignatura *Cristal·lografia*.
- Teoria de circuits (resolució de circuits lineals amb resistències, condensadors i inductàncies). És molt recomanable haver aprovat l'assignatura *Instrumentació Electrònica*.
- Programació bàsica (Matlab o Python per trobar els estats i valors propis d'una matriu). És recomanable haver aprovat l'assignatura *Eines Informàtiques i de Programació*.

Objectius

Els objectius principals són:

- Entendre les característiques de l'estat sòlid: estructures periòdiques, estats electrònics i bandes d'energia, vibracions de les xarxes (fonons).
- Comprendre i dominar els principis físics del transport electrònic en semiconductors, així com els dispositius electrònics més habituals i la seva tecnologia de fabricació.
- Relacionar les prestacions dels dispositius, el seu funcionament en circuits i els processos tecnològics de fabricació mitjançant models físics analítics, simulacions numèriques, models compactes i solucions circuitals.

Resultats d'aprenentatge

- CM16 (Aplicar els coneixements físics a la resolució de problemes en la nanoescala.) Aplicar els coneixements físics a la resolució de problemes en la nanoescala.
- CM17 (Proposar solucions a problemes de l'àmbit de la nanotecnologia relacionant les prestacions de materials i dispositius amb els seus processos de fabricació.) Proposar solucions a problemes de

l'àmbit de la nanotecnologia relacionant les prestacions de materials i dispositius amb els seus processos de fabricació.

- KM28 (Descriure les lleis físiques fonamentals que permeten entendre el funcionament bàsic i les aplicacions dels dispositius semiconductors principals.) Descriure les lleis físiques fonamentals que permeten entendre el funcionament bàsic i les aplicacions dels dispositius semiconductors principals.
- SM25 (Dissenyar dispositius electrònics bàsics, seleccionant la tecnologia de fabricació adequada a les especificacions elèctriques desitjades.) Dissenyar dispositius electrònics bàsics, seleccionant la tecnologia de fabricació adequada a les especificacions elèctriques desitjades.
- SM26 (Utilitzar tècniques de caracterització i de simulació per a investigar les prestacions dels dispositius electrònics.) Utilitzar tècniques de caracterització i de simulació per a investigar les prestacions dels dispositius electrònics.
- SM28 (Reunir, sintetitzar i presentar resultats i conclusions de publicacions científiques.) Reunir, sintetitzar i presentar resultats i conclusions de publicacions científiques.

Continguts

Tema 1. Física de l'estat sòlid

- 1.1 Quantització de l'energia en sistemes simples
- 1.2 Teorema de Bloch. Estructura de bandes E-k en sistemes periòdics. Massa efectiva
- 1.3 Vibracions de la xarxa. Fonons

Tema 2. Transport electrònic en semiconductors

- 2.1 Estructura de bandes: aïllants, metalls i semiconductors
- 2.2 Sistemes en equilibri i fora d'equilibri. Estadística de Fermi
- 2.3 Estructura de bandes E-x en dispositius. Càrregues i camps elèctrics
- 2.4 Model semi-clàssic per a la conducció: corrent de deriva i difusió

Tema 3. Díode d'unió PN

- 3.1 Electrostatica de la unió PN en equilibri
- 3.2 Unió PN fora de l'equilibri. Corrents
- 3.3 LEDs, làsers semiconductors, díode PIN i cel·les solars
- 3.4 Aplicacions circuitals senzilles amb díodes

Tema 4. Transistor MOSFET

- 4.1 Estructura i funcionament del transistor MOSFET
- 4.2 Tipus de transistors i corbes corrent-tensió
- 4.3 Aplicacions circuitals senzilles: portes lògiques, amplificadors, circuits CMOS

Tema 5. De la microelectrònica a la nanoelectrònica

- 5.1 More Moore. Escalat del MOSFET. *High-K dielectrics*, efectes de canal curt
- 5.2 Beyond CMOS: Dispositius túnel, *quantum dots*, grafè, electrònica molecular, tecnologies quàntiques

Activitats formatives i Metodologia

Títol	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
Resolució dels problemes guiats	20	0,8	CM16, CM17, KM28, SM25, SM26, SM28

Classes magistrals	30	1,2	CM16, CM17, KM28, SM25
Preparació de les sessions de Laboratori	20	0,8	CM16, CM17, KM28, SM25, SM26
Tories	5	0,2	CM16, CM17, KM28, SM25, SM26, SM28
Sessions de laboratori	15	0,6	SM25, SM26, SM28
Seminars de problemes	15	0,6	CM16, CM17, KM28, SM25, SM26, SM28
Estudi	27	1,08	CM16, CM17, KM28, SM25, SM26, SM28

Activitats dirigides

- Classes magistrals: El professor explicarà els temes mitjançant (i) apunts presentats a pantalla, disponibles prèviament al campus virtual, i (ii) exercicis o explicacions complementàries a la pissarra.
- Seminars de problemes: Resolució de problemes d'exemple per part del professor.
- Sessions de laboratori: Abans de cada pràctica, l'alumne haurà de preparar i lliurar un informe previ (en anglès). Al finalitzar, s'entregarà un informe final també en anglès.

Activitats supervisades

- Tories: Fora de l'horari lectiu, els alumnes poden resoldre dubtes amb els professors de teoria, problemes o pràctiques. Es recomana aprofitar aquest recurs.

Activitats autònomes

- Estudi: L'estudi personal de cada tema és imprescindible.
- Resolució de problemes: És molt recomanable que l'alumne intenti resoldre els exercicis abans de les classes.
- Preparació de pràctiques: Cal lliurar un informe previ abans de cada sessió de laboratori.

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 2on parcial	35 %	4	0,16	CM16, CM17, KM28, SM25, SM26, SM28
Examen 1er parcial	35 %	4	0,16	CM16, CM17, KM28, SM25, SM26, SM28
Pràctiques de cada tema	30 %	10	0,4	SM25, SM26, SM28

A. Tres tipus d'avaluació

1. Avaluació de les proves teòriques individuals

Per a l'avaluació de l'assignatura es tindran en compte dues proves parcials individuals realitzades a l'aula durant el curs, amb un pes del 35 % cadascuna sobre la qualificació final (70 % en total). Es requerirà una nota mínima de 5 punts en cadascuna de les dues proves per superar aquest apartat.

2. Avaluació dels treballs de pràctiques

Les pràctiques de laboratori són obligatòries. Durant la realització de cadascuna de les pràctiques en grup caldrà emplenar un qüestionari que serà avaluat pel professorat, excepte en les pràctiques de simulació amb SPICE, en què s'haurà de lliurar un informe a l'inici de la pràctica següent.

La qualificació corresponent a les pràctiques de laboratori, que no són recuperables, té un pes del 30 % sobre la qualificació final. Perquè aquesta qualificació pugui ser considerada en l'avaluació de l'assignatura, caldrà obtenir-hi una puntuació mínima de 5.

En el cas de l'alumnat repetidor que hagi superat les pràctiques de laboratori en algun dels tres cursos acadèmics anteriors, no caldrà que les torni a realitzar i se'n conservarà la qualificació obtinguda, sempre que en sol·liciti explícitament el reconeixement.

Per assistir a qualsevol examen caldrà identificar-se mitjançant el DNI o un document oficial equivalent.

3. Avaluació de recuperació

Si no s'assoleix la nota mínima en una o en totes dues proves teòriques individuals (apartat 1), l'estudiant tindrà dret a una segona oportunitat, sempre que hagi realitzat i superat les pràctiques de laboratori, mitjançant un examen de recuperació.

Aquest examen podrà servir per recuperar el primer parcial (35 % de la qualificació final), el segon parcial (35 % de la qualificació final) o tots dos (70 % de la qualificació final). En tots els casos, caldrà obtenir una qualificació mínima de 5 en l'examen de recuperació perquè aquesta es pugui fer mitjana amb la resta de qualificacions.

També es podran presentar a l'examen de recuperació els estudiants que hagin superat les corresponents proves teòriques individuals (apartat 1) amb l'objectiu de millorar-ne la qualificació. En aquest cas, la qualificació definitiva de cada prova serà la més alta entre l'obtinguda inicialment i l'obtinguda a l'examen de recuperació.

B. Procediment per determinar la qualificació final

- En cas d'haver assolit la nota mínima requerida als apartats 1 (proves teòriques individuals) i 2 (treballs de pràctiques), la qualificació final de l'assignatura s'obindrà ponderant les qualificacions segons els percentatges establerts.
- Si no s'assoleix la puntuació mínima establerta en qualsevol dels apartats indicats, l'assignatura no es considerarà superada. En aquest cas, la qualificació final serà la corresponent a l'activitat 1 (proves teòriques individuals) si aquesta és inferior a 5. Si aquesta qualificació és igual o superior a 5, la qualificació final de l'assignatura serà de 4,5.
- Aquesta assignatura no preveu el sistema d'avaluació única.
- Per a cada activitat d'avaluació s'indicaran el lloc, la data i l'hora de revisió, en què l'estudiant podrà revisar l'activitat amb el professorat. Durant aquest procés es podran presentar reclamacions sobre la qualificació obtinguda, que seran resoltes pel professorat responsable de l'assignatura. Si l'estudiant no es presenta a aquesta revisió, no podrà sol·licitar-ne una de posterior.
- L'atorgament de la qualificació de matrícula d'honor és competència del professorat responsable de l'assignatura. D'acord amb la normativa de la UAB, només es podrà concedir a estudiants que hagin obtingut una qualificació igual o superior a 9,0. El nombre de matrícules d'honor no podrà superar el 5 % dels estudiants matriculats. Les qualificacions obtingudes en els exàmens de recuperació no es tindran en compte per a l'atorgament de la matrícula d'honor.
- La qualificació de «No evaluable» s'atorgarà únicament als estudiants que no s'hagin presentat a cap de les proves teòriques individuals ni a l'examen de recuperació.
- Les dates de les pràctiques de laboratori es publicaran al Campus Virtual i podran estar subjectes a modificacions per motius organitzatius o derivats d'incidències. Qualsevol canvi serà comunicat a

través del Campus Virtual, que es considera el canal oficial d'informació entre el professorat i l'estudiantat.

- Sense perjudici d'altres mesures disciplinàries que es puguin adoptar, i d'acord amb la normativa acadèmica vigent, qualsevol irregularitat comesa per l'estudiant (vegeu l'apartat C) que pugui comportar una alteració de la qualificació d'una activitat d'avaluació serà qualificada amb un zero. Les activitats qualificades d'aquesta manera no seran recuperables. Si per superar l'assignatura és necessari haver superat alguna d'aquestes activitats, l'assignatura quedarà suspesa directament, sense possibilitat de recuperació durant el mateix curs acadèmic.

C. Irregularitats que poden comportar el suspens de l'assignatura

Es consideraran irregularitats, entre d'altres:

- la còpia total o parcial d'una pràctica, informe o qualsevol altra activitat d'avaluació;
- deixar copiar;
- presentar un treball en grup que no hagi estat elaborat íntegrament pels membres del grup;
- presentar com a propis materials elaborats per tercers, encara que siguin traduccions o adaptacions o, en general, treballs que continguin elements no originals ni elaborats per l'estudiant;
- tenir dispositius de comunicació (telèfons mòbils, rellotges intel·ligents, etc.) accessibles durant les proves teòriques individuals;
- parlar amb altres estudiants durant les proves teòriques individuals;
- copiar o intentar copiar d'altres estudiants durant les proves teòriques individuals;
- utilitzar o intentar utilitzar apunts o qualsevol altre material relacionat amb la matèria durant les proves teòriques individuals quan el seu ús no hagi estat autoritzat explícitament.

En edicions futures de l'assignatura, a l'estudiant que hagi comès irregularitats en un acte d'avaluació no se li convalidarà cap de les activitats d'avaluació superades.

En resum, copiar, deixar copiar, plagiar o intentar fer-ho en qualsevol activitat d'avaluació comportarà el suspens de l'assignatura, sense possibilitat de compensació ni de convalidació de cap de les seves parts en cursos posteriors.

D. Ús de la intel·ligència artificial

En aquesta assignatura no es permet l'ús de tecnologies d'intel·ligència artificial (IA) en cap de les activitats d'avaluació. Qualsevol treball que inclogui fragments generats mitjançant eines d'IA serà considerat una falta d'honestedat acadèmica i podrà comportar una penalització parcial o total de la qualificació de l'activitat, així com altres sancions en els casos de més gravetat.

Bibliografia

Bàsica

- C. Kittel, *Introduction to Solid State Physics*, John Wiley & Sons
- N. W. Ashcroft & N. D. Mermin, *Solid State Physics*, Saunders College
- L. Prats Viñas & J. Calderer Cardona, *Dispositius electrònics i fotònics. Fonaments*, Edicions UPC, 2001
- P. Horowitz & W. Hill, *The Art of Electronics*, Cambridge University Press (1989)

Complementària - Dispositius electrònics (Modular Series on Solid State Devices, Addison-Wesley)

- R. F. Pierret, *Semiconductor Fundamentals* (1988) / *Fundamentos de semiconductores* (1994)
- G. W. Neudeck, *The PN Junction Diode* (1989) / *El diodo PN de unión* (1993)
- G. W. Neudeck, *The Bipolar Junction Transistor* (1989) / *El transistor bipolar de unión* (1994)
- R. F. Pierret, *Field Effect Devices* (1990) / *Dispositivos de efecto de campo* (1994)

Complementària - Nanoelectrònica

- Rainer Waser (Ed.), *Nanoelectronics and Information Technology*, Wiley-VCH

Recursos web

- <https://nanohub.org>

Programari

S'utilitzarà el programari de PSPICE per simular circuits

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
(TE) Teoria	1	Anglès	primer quadrimestre	tarda
(PAUL) Pràctiques d'aula	1	Anglès	primer quadrimestre	tarda
(PLAB) Pràctiques de laboratori	1	Anglès	primer quadrimestre	matí-mixt
(PLAB) Pràctiques de laboratori	2	Anglès	primer quadrimestre	matí-mixt
(PLAB) Pràctiques de laboratori	3	Anglès	primer quadrimestre	matí-mixt