



Guia docent

295914 - FMF - Fonaments dels Materials Funcionals

Última modificació: 02/03/2026

Unitat responsable: Escola d'Enginyeria de Barcelona Est
Unitat que imparteix: 748 - FIS - Departament de Física.

Titulació: GRAU EN ENGINYERIA BIOMÈDICA (Pla 2009). (Assignatura optativa).
GRAU EN ENGINYERIA DE L'ENERGIA (Pla 2009). (Assignatura optativa).
GRAU EN ENGINYERIA ELÈCTRICA (Pla 2009). (Assignatura optativa).
GRAU EN ENGINYERIA ELECTRÒNICA INDUSTRIAL I AUTOMÀTICA (Pla 2009). (Assignatura optativa).
GRAU EN ENGINYERIA MECÀNICA (Pla 2009). (Assignatura optativa).
GRAU EN ENGINYERIA QUÍMICA (Pla 2009). (Assignatura optativa).
GRAU EN ENGINYERIA DE MATERIALS (Pla 2010). (Assignatura optativa).

Curs: 2025 **Crèdits ECTS:** 6.0 **Idiomes:** Anglès

PROFESSORAT

Professorat responsable: ROBERTO MACOVEZ

Altres: Segon quadrimestre:
JONATHAN FERNANDO GEBBIA - Grup: M1
ROBERTO MACOVEZ - Grup: M1

CAPACITATS PRÈVIES

Es recomana haver cursat les assignatures de Metal·lúrgica Física, Propietats Elèctriques i Magnètiques dels Materials, i Propietats Mecàniques dels Materials.

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Transversals:

02 SCS N3. SOSTENIBILITAT I COMPROMÍS SOCIAL - Nivell 3: Tenir en compte les dimensions social, econòmica i ambiental en aplicar solucions i dur a terme projectes coherents amb el desenvolupament humà i la sostenibilitat.

06 URI N3. ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ - Nivell 3: Planificar i utilitzar la informació necessària per a un treball acadèmic (per exemple, per al treball de fi de grau) a partir d'una reflexió crítica sobre els recursos d'informació utilitzats.

07 AAT N2. APRENENTATGE AUTÒNOM - Nivell 2: Dur a terme les tasques encomanades a partir de les orientacions bàsiques donades pel professorat, decidint el temps que cal emprar per a cada tasca, incloent-hi aportacions personals i ampliant les fonts d'informació indicades.

METODOLOGIES DOCENTS

Teoria i estudi de casos: El professor presenta els conceptes fonamentals i algunes demostracions, complementant amb exemples claus i la discussió d'algunes aplicacions.



OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

En acabar el curs, l'alumne ha de ser capaç de:

- Descriure les propietats funcionals de materials, en particular aquelles relacionades amb les transicions de fase i el calor latent; la conducció elèctrica en metalls, semiconductors i superconductors; les propietats mecàniques, dielèctriques i òptiques; les propietats ferromagnètiques i ferroelèctriques.
- Discutir les aplicacions dels materials magnètics, supraconductors i ferroelèctrics, així com dels vidres i dels materials basats en polímers.
- Descriure quantitativament la resposta elèctrica, electromagnètica i viscoelàstica dels materials, i el seu origen físic.
- Abordar els problemes conceptuals dels reptes de les tecnologies actuals i futures en els diversos dominis d'enginyeria (per exemple, l'energia) relacionats amb els materials funcionals.

HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup gran	60,0	40.00
Hores aprenentatge autònom	90,0	60.00

Dedicació total: 150 h

CONTINGUTS

Bloc 1: Transicions de fase i materials ferroics

Descripció:

Tema 1.1 Dominis magnètics

Introducció al magnetisme en sòlids. Paramagnetisme clàssic (Langevin). Model d'Ising. Solució en 1D. Model d'Ising en 2D, Curie-Weiss, mètode de Bragg-Williams. Teoria micromagnètica: energies d'intercanvi, magnetostàtica i Zeeman. Dominis magnètics, parets de domini, histèresi i frustració.

Tema 1.2 Transicions de fase estructurals i microestructura

Termodinàmica de les transicions de fase. Classificació d'Ehrenfest i histèresi. Teoria de Landau de les transicions de fase. Transicions de fase ferroelàstiques: elasticitat, paràmetres d'ordre i compatibilitat elàstica. Microestructura ferroelàstica i autoacomodació. Efectes termomecànics.

Tema 1.3 Acoblament magnetoelàstic i transicions magnetoestructurals

Acoblament magnetoelàstic. Transicions de fase magnetoestructurals. Paràmetres d'ordre magnètics i estructurals acoblats. Propietats funcionals derivades de l'acoblament magnetoestructural.

Objectius específics:

A l'acabar el bloc 1, els estudiants seran capaços de:

- comprendre i descriure l'ordre magnètic i la formació de dominis en sòlids.
- analitzar transicions de fase estructurals utilitzant enfocaments termodinàmics i de tipus Landau.
- identificar i caracteritzar el comportament ferroelàstic i l'origen de les microestructures ferroelàstiques.
- identificar i caracteritzar els mecanismes d'acoblament magnetoelàstic i magnetoestructural.
- reconèixer propietats funcionals que sorgeixen de transicions acoblades magnètiques i estructurals.

Activitats vinculades:

Examen final.

Competències relacionades:

02 SCS N3. SOSTENIBILITAT I COMPROMÍS SOCIAL - Nivell 3: Tenir en compte les dimensions social, econòmica i ambiental en aplicar solucions i dur a terme projectes coherents amb el desenvolupament humà i la sostenibilitat.

06 URI N3. ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ - Nivell 3: Planificar i utilitzar la informació necessària per a un treball acadèmic (per exemple, per al treball de fi de grau) a partir d'una reflexió crítica sobre els recursos d'informació utilitzats.

07 AAT N2. APRENTATGE AUTÒNOM - Nivell 2: Dur a terme les tasques encomanades a partir de les orientacions bàsiques donades pel professorat, decidint el temps que cal emprar per a cada tasca, incloent-hi aportacions personals i ampliant les fonts d'informació indicades.

Dedicació: 50h

Grup gran/Teoria: 20h

Aprenentatge autònom: 30h

Bloc 2: Materials cristal·lins conductors i aïllants: fonaments i aplicacions

Descripció:

Tema 2.1: Cristalls: vibracions de la xarxa i estructura electrònica; semiconductors; superconductivitat

- Vibracions de la xarxa cristal·lina: transversals i longitudinals; modes acústics i òptics
- Electrons: equació de Schrödinger, teorema de Bloch, moment cristal·lí, bandes electròniques
- Classificació dels materials: metalls, semiconductors i aïllants
- Densitat de corrent; mobilitat, llei d'Ohm, conductivitat DC
- Metalls i semiconductors en camps magnètics: efecte Hall
- Superconductors: resistència zero i diamagnetisme perfecte, gap superconductiva; camp crític i corrent superconductiva; equacions de London; quantització del flux magnètic; aplicacions.

Tema 2.2 - Materials aïllants: propietats de polarització; piezo-, para-, i ferro-electricitat

- Polarització i càrrega lligada
- Polaritzabilitat i constant dielèctrica dels dielèctrics lineals, mecanismes de polarització
- Descripció microscòpica: fórmula de Clausius-Mossotti
- Materials ferroelèctrics: polarització espontània; catàstrofe de polarització de la fase paraelèctrica; temperatura de Curie; dominis ferroelèctrics; aplicacions.

Tema 2.3 - Propietats electromagnètiques a freqüències altes en metalls, semiconductors i aïllants

- Model de Drude en corrent altern per a metalls i semiconductors dopats; plasmons i reflectivitat dels metalls
- Freqüència de ressonància de ciclotró
- Model de Lorentz de les propietats òptiques dels aïllants, índex de refracció
- Aplicacions optoelectròniques dels díodes semiconductors: díode LED i làser, celdes solars
- equació Lyddane-Sachs-Teller; modes "soft phonon" i transició ferroelèctrica

Objectius específics:

Al finalitzar el bloc 2 de l'assignatura, els alumnes podran:

- Descriure el transport de càrrega en semiconductors, metalls i superconductors, i l'efecte d'un camp magnètic aplicat
- Discutir la fenomenologia i les aplicacions dels superconductors
- Descriure els materials ferroelèctrics: la polarització ferroelèctrica, els dominis ferroelèctrics, els bucles P-E
- Fer servir els models de Drude i Lorentz per descriure la resposta electromagnètica a alta freqüència de metalls, semiconductors i aïllants
- Comprendre l'estructura i el funcionament dels dispositius de cèl·lules solars
- Aplicar coneixements mitjançant la resolució de problemes

Activitats vinculades:

Examen final.

Competències relacionades:

02 SCS N3. SOSTENIBILITAT I COMPROMÍS SOCIAL - Nivell 3: Tenir en compte les dimensions social, econòmica i ambiental en aplicar solucions i dur a terme projectes coherents amb el desenvolupament humà i la sostenibilitat.

06 URI N3. ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ - Nivell 3: Planificar i utilitzar la informació necessària per a un treball acadèmic (per exemple, per al treball de fi de grau) a partir d'una reflexió crítica sobre els recursos d'informació utilitzats.

07 AAT N2. APRENENTATGE AUTÒNOM - Nivell 2: Dur a terme les tasques encomanades a partir de les orientacions bàsiques donades pel professorat, decidint el temps que cal emprar per a cada tasca, incloent-hi aportacions personals i ampliant les fonts d'informació indicades.

Dedicació: 50h

Grup gran/Teoria: 20h

Aprenentatge autònom: 30h

Bloc 3. Materials funcionals desordenats i polimèrics: fonaments i aplicacions

Descripció:

Tema 3.1 – Introducció als materials (dinàmicament) desordenats

- 1.1 Constituents moleculars i macromoleculars i la seva dinàmica; Vidres i mesofases
- 1.2 Entropia i distribució de Boltzmann, aplicació a vidres desordenats orientacionalment
- 1.3 Vidres plàstics per a aplicacions energètiques
- 1.4 Propietats elèctriques i mecàniques dels materials desordenats: conductors iònics i viscoelasticitat

Tema 3.2 – Els vidres

- 2.1 Solidificació: cristal·lització o transició vítria i envelliment
- 2.2 Teoria d'Adam-Gibbs i correlació dinàmico-termodinàmica
- 2.3 Varietat de sòlids amorfs i les seues aplicacions mecàniques, catalítiques i òptiques
- 2.4 Vidres monocomponents i multicomponents, rellevància farmacèutica

Tema 3.3 – Els materials polimèrics i les seues aplicacions

- 3.1 Materials polimèrics amorfs i semicristal·lins; conformació de polímers lineals: teoria de Miller i cadenes ideals de Kuhn
- 3.2 Propietats mecàniques: relaxacions normals (Rouse) i segmentals; viscoelasticitat dels polímers lineals
- 3.3 Elastòmers i hidrogels: elasticitat entròpica, aplicacions mecàniques i energètiques
- 3.4 Polímers i fibres de cristall líquid, copolímers de bloc, materials compostos i dispersions polimèriques amorfes, i les seues aplicacions

Objectius específics:

Al finalitzar el bloc 3 de l'assignatura, els alumnes podran:

- predeterminar els tipus de fase condensada que poden ser formades per constituents elementals (p. ex. molècules) en base a la seva forma i dimensions, i quines fases se observaran a alta i baixa temperatura;
- exposar les tècniques experimentals més utilitzades per al estudi de les fases moleculars i macromoleculars;
- discutir el grau de desordre i la dinàmica molecular en les diferents fases o el seu impacte a les propietats mecàniques i reològiques;
- fer servir models de camí aleatori, autosimilaritat, deformació afí i elasticitat entròpica, per descriure la dinàmica i les propietats dielèctriques i mecàniques dels polímers lineals i dels elastòmers;
- classificar les transicions de fase, i descriure la fenomenologia de la transició vítria en sistemes diversos com els vidres estructurals, els cristalls líquids, els cristalls plàstics i els polímers, i també la cristal·lització de fases amorfes.
- descriure les principals aplicacions del vidres i dels polímers sintètics.

Activitats vinculades:

Examen final

Competències relacionades:

02 SCS N3. SOSTENIBILITAT I COMPROMÍS SOCIAL - Nivell 3: Tenir en compte les dimensions social, econòmica i ambiental en aplicar solucions i dur a terme projectes coherents amb el desenvolupament humà i la sostenibilitat.

06 URI N3. ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ - Nivell 3: Planificar i utilitzar la informació necessària per a un treball acadèmic (per exemple, per al treball de fi de grau) a partir d'una reflexió crítica sobre els recursos d'informació utilitzats.

07 AAT N2. APRENENTATGE AUTÒNOM - Nivell 2: Dur a terme les tasques encomanades a partir de les orientacions bàsiques donades pel professorat, decidint el temps que cal emprar per a cada tasca, incloent-hi aportacions personals i ampliant les fonts d'informació indicades.

Dedicació: 50h

Grup gran/Teoria: 20h

Aprenentatge autònom: 30h

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

La nota final de cada alumne serà la nota de l'examen final, que serà un examen escrit sobre el contingut de l'assignatura. Els alumnes disposen a la plataforma Atenea d'una llista de problemes semblants als que poden sortir a l'examen.

No es preveu prova de reavaluació.



NORMES PER A LA REALITZACIÓ DE LES PROVES.

Els estudiants realitzaran l'examen escrit de manera individual. Durant l'examen no poden fer servir material de l'assignatura ni connexió a la xarxa d'internet.

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Sears, Francis Weston; Salinger, Gerhard L. Termodinámica, teoría cinética y termodinámica estadística. 2ª ed. Barcelona [etc.]: Reverté, DL 1978. ISBN 9788429141610.
- White, Mary Anne. Physical properties of materials. 2nd ed. Boca Raton (Florida): CRC Press, cop. 2012. ISBN 9781439866511 (CART.).
- Kittel, Charles. Introduction to Solid State Physics. 8th. Wiley, 2005.
- Jones, Richard A. L. Soft condensed matter. Oxford [etc.]: Oxford University Press, 2002. ISBN 9780198505891.
- Strobl, Gert. The Physics of Polymers : concepts for understanding their structures and behavior [en línia]. Berlin Heidelberg New York: Springer Verlag, 2007 [Consulta: 14/09/2022]. Disponible a: <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=3062750>. ISBN 9783540252788.

Complementària:

- Wadhawan, Vinod. Introduction to ferroic materials. CRC Press, 2000. ISBN 9789056992866.
- Planes, Antoni; Mañosa, Lluís; Saxena, Avadh. Magnetism and structure in functional materials : workshop of the Interplay of Magnetism and Structure in Functional Materials, held at the Benasque center for Science in the Pyrenees mountains, February, 9-13, 2004. Berlin: Springer, 2005. ISBN 9783540236726.
- Salje, Ekhard K. H. Phase transitions in ferroelastic and co-elastic crystals : an introduction for mineralogists, material scientists, and physicists. Cambridge [etc.]: Cambridge University Press, 1993. ISBN 0521384494.
- Doi, Masao. Soft matter physics. Oxford: Oxford University Press, 2013. ISBN 9780199652952.

RECURSOS

Altres recursos:

Al llarg del curs es proporcionaran a l'estudiantat els apunts de la assignatura i llistes d'enunciats de problemes associats a cada bloc. L'examen final constarà de problemes semblants als de les llistes.