

Guía docente

295914 - FMF - Fundamentos de los Materiales Funcionales

Última modificación: 04/06/2026

Unidad responsable: Escuela de Ingeniería de Barcelona Este
Unidad que imparte: 748 - FIS - Departamento de Física.

Titulación: GRADO EN INGENIERÍA BIOMÉDICA (Plan 2009). (Asignatura optativa).
GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA (Plan 2009). (Asignatura optativa).
GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA (Plan 2009). (Asignatura optativa).
GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA (Plan 2009). (Asignatura optativa).
GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA (Plan 2009). (Asignatura optativa).
GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA (Plan 2009). (Asignatura optativa).
GRADO EN INGENIERÍA DE MATERIALES (Plan 2010). (Asignatura optativa).

Curso: 2026 **Créditos ECTS:** 6.0 **Idiomas:** Inglés

PROFESORADO

Profesorado responsable: ROBERTO MACOVEZ

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

CAPACIDADES PREVIAS

Los estudiantes tienen que tener aprobada las asignaturas Física 2 (o otra asignatura parecida de electromagnetismo) y Ciencia y Tecnología de Materiales (o similar). Se recomienda haber cursado alguna asignatura de ciencia y/o ingeniería de materiales, por ejemplo las asignaturas Metalurgia Física, Propiedades Eléctricas y Magnéticas de los Materiales, Propiedades Mecánicas de los Materiales.

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Transversales:

02 SCS N3. SOSTENIBILIDAD Y COMPROMISO SOCIAL - Nivel 3: Tener en cuenta las dimensiones social, económica y ambiental al aplicar soluciones y llevar a cabo proyectos coherentes con el desarrollo humano y la sostenibilidad.

06 URI N3. USO SOLVENTE DE LOS RECURSOS DE INFORMACIÓN - Nivel 3: Planificar y utilizar la información necesaria para un trabajo académico (por ejemplo, para el trabajo de fin de grado) a partir de una reflexión crítica sobre los recursos de información utilizados.

07 AAT N2. APRENDIZAJE AUTÓNOMO - Nivel 2: Llevar a cabo las tareas encomendadas a partir de las orientaciones básicas dadas por el profesorado, decidiendo el tiempo que se necesita emplear para cada tarea, incluyendo aportaciones personales y ampliando las fuentes de información indicadas.

METODOLOGÍAS DOCENTES

Teoría y estudio de casos: El profesor presenta los conceptos fundamentales y algunas demostraciones, complementando con ejemplos clave y la discusión de algunas aplicaciones.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

Al acabar el curso, el alumno debe ser capaz de:

- Describir las propiedades funcionales de los materiales, en particular, las relacionadas con las transformaciones de fase y el calor latente; la conducción eléctrica en metales, semiconductores i superconductores; las propiedades mecánicas, dieléctricas y ópticas; las propiedades ferromagnéticas y ferroeléctricas.
- Discutir las aplicaciones de los materiales magnéticos, superconductores y ferroeléctricos, así como de los vidrios y de los materiales basados en polímeros.
- Describir cuantitativamente la respuesta eléctrica, electromagnética y viscoelástica de los materiales, y su origen físico.
- Abordar los problemas conceptuales de los retos de las tecnologías actuales y futuras en los diversos dominios de ingeniería (por ejemplo, la energía) relacionados con los materiales funcionales.

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTADO

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo grande	60,0	40.00
Horas aprendizaje autónomo	90,0	60.00

Dedicación total: 150 h

CONTENIDOS

Bloque 1: Transiciones de fase y materiales ferroicos

Descripción:

Tema 1.1 Dominios magnéticos

Introducción al magnetismo en sólidos. Paramagnetismo clásico (Langevin). Modelo de Ising. Solución en 1D. Modelo de Ising en 2D, Curie-Weiss, método de Bragg-Williams. Teoría micromagnética: energías de intercambio, magnetostática y Zeeman. Dominios magnéticos, paredes de dominio, histéresis y frustración.

Tema 1.2 Transiciones de fase estructurales y microestructura

Termodinámica de las transiciones de fase. Clasificación de Ehrenfest e histéresis. Teoría de Landau de las transiciones de fase. Transiciones de fase ferroelásticas: elasticidad, parámetros de orden y compatibilidad elástica. Microestructura ferroelástica y autoacomodación. Efectos termomecánicos.

Tema 1.3 Acoplamiento magnetoelástico y transiciones magnetoestructurales

Acoplamiento magnetoelástico. Transiciones de fase magnetoestructurales. Parámetros de orden magnéticos y estructurales acoplados. Propiedades funcionales derivadas del acoplamiento magnetoestructural.

Objetivos específicos:

Al terminar el bloque 1, los estudiantes serán capaces de:

- comprender y describir el orden magnético y la formación de dominios en sólidos.
- analizar transiciones de fase estructurales utilizando enfoques termodinámicos y de tipo Landau.
- identificar y caracterizar el comportamiento ferroelástico y el origen de las microestructuras ferroelásticas.
- identificar y caracterizar los mecanismos de acoplamiento magnetoelástico y magnetoestructural.
- reconocer propiedades funcionales que surgen de transiciones acopladas magnéticas y estructurales.

Actividades vinculadas:

Examen final.

Competencias relacionadas:

02 SCS N3. SOSTENIBILIDAD Y COMPROMISO SOCIAL - Nivel 3: Tener en cuenta las dimensiones social, económica y ambiental al aplicar soluciones y llevar a cabo proyectos coherentes con el desarrollo humano y la sostenibilidad.

06 URI N3. USO SOLVENTE DE LOS RECURSOS DE INFORMACIÓN - Nivel 3: Planificar y utilizar la información necesaria para un trabajo académico (por ejemplo, para el trabajo de fin de grado) a partir de una reflexión crítica sobre los recursos de información utilizados.

07 AAT N2. APRENDIZAJE AUTÓNOMO - Nivel 2: Llevar a cabo las tareas encomendadas a partir de las orientaciones básicas dadas por el profesorado, decidiendo el tiempo que se necesita emplear para cada tarea, incluyendo aportaciones personales y ampliando las fuentes de información indicadas.

Dedicación: 50h

Grupo grande/Teoría: 20h

Aprendizaje autónomo: 30h

Bloque 2: Materiales cristalinos conductores i aislantes: fundamentos y aplicaciones

Descripción:

Tema 2.1: Cristales: vibraciones de la red y estructura electrónica; semiconductores; superconductividad

- Vibraciones de la red cristalina: transversales y longitudinales; modos acústicos y ópticos
- Electrones: ecuación de Schrödinger, teorema de Bloch, momento cristalino, bandas electrónicas
- Clasificación de los materiales: metales, semiconductores y aislantes
- Densidad de corriente; movilidad, ley de Ohm, conductividad DC
- Metales y semiconductores en campos magnéticos: efecto Hall
- Superconductores: resistencia zero y diamagnetismo perfecto, gap superconductora; campo crítico y corriente superconductiva; ecuaciones de London; cuantización del flujo magnético; aplicaciones.

Tema 2.2 - Materiales aislantes: propiedades de polarización; piezo-, para-, y ferro-electricidad

- Polarización y carga ligada
- Polarizabilidad y constante dieléctrica de los dieléctricos lineales, mecanismos de polarización
- Descripción microscópica: fórmula de Clausius-Mossotti
- Materiales ferroeléctricos: polarización espontánea; catástrofe de polarización de la fase paraeléctrica; temperatura de Curie; dominios ferroeléctricos; aplicaciones.

Tema 2.3 - Propiedades electromagnéticas a frecuencias altas de metales, semiconductores y aislantes

- Modelo de Drude en corriente alterna para metales y semiconductores dopados; plasmones y reflectividad de los metales
- Frecuencia de resonancia de ciclotrón
- Modelo de Lorentz de las propiedades ópticas de los aislantes, índice de refracción
- Aplicaciones optoelectrónicas de los diodos semiconductores: diodo LED y láser, celdas solares
- ecuación Lyddane-Sachs-Teller; modos "soft phonon" y transición ferroeléctrica

Objetivos específicos:

Al acabar el bloque 2 de la asignatura los alumnos sabrán:

- Describir el transporte de carga en los semiconductores, metales y superconductores, y el efecto de un campo magnético aplicado
- Discutir la fenomenología y las aplicaciones de los superconductores
- Describir los materiales ferroeléctricos: la polarización ferroeléctrica, los dominios ferroeléctricos, los bucles P-E
- Utilizar los modelos de Drude y de Lorentz para describir la respuesta electromagnética en frecuencias altas de metales, semiconductores y aislantes
- Entender la estructura y el funcionamiento de los dispositivos de celdas solares
- Aplicar conocimientos mediante la resolución de problemas

Actividades vinculadas:

Examen final.

Competencias relacionadas:

02 SCS N3. SOSTENIBILIDAD Y COMPROMISO SOCIAL - Nivel 3: Tener en cuenta las dimensiones social, económica y ambiental al aplicar soluciones y llevar a cabo proyectos coherentes con el desarrollo humano y la sostenibilidad.

06 URI N3. USO SOLVENTE DE LOS RECURSOS DE INFORMACIÓN - Nivel 3: Planificar y utilizar la información necesaria para un trabajo académico (por ejemplo, para el trabajo de fin de grado) a partir de una reflexión crítica sobre los recursos de información utilizados.

07 AAT N2. APRENDIZAJE AUTÓNOMO - Nivel 2: Llevar a cabo las tareas encomendadas a partir de las orientaciones básicas dadas por el profesorado, decidiendo el tiempo que se necesita emplear para cada tarea, incluyendo aportaciones personales y ampliando las fuentes de información indicadas.

Dedicación: 50h

Grupo grande/Teoría: 20h

Aprendizaje autónomo: 30h

Bloque 3. Materiales funcionales desordenados y poliméricos: fundamentos y aplicaciones

Descripción:

Tema 3.1 – Introducción a los materiales (dinámicamente) desordenados

- 1.1 Constituyentes moleculares y macromoleculares y su dinámica; Vidrios y mesofases
- 1.2 Entropía y distribución de Boltzmann, aplicación a cristales orientacionalmente desordenados
- 1.3 Cristales plásticos para aplicaciones energéticas
- 1.4 Propiedades eléctricas y mecánicas de los materiales desordenados: conductores iónicos y viscoelasticidad

Tema 3.2 – Los vidrios

- 2.1 Solidificación: cristalización o transición vítrea y envejecimiento
- 2.2 Teoría de Adam-Gibbs y correlación dinámico-termodinámica
- 2.3 Variedad de sólidos amorfos y sus aplicaciones mecánicas, catalíticas y ópticas
- 2.4 Vidrios monocomponentes y multicomponentes, relevancia farmacéutica

Tema 3.3 – Los materiales poliméricos y sus aplicaciones

- 3.1 Materiales poliméricos amorfos y semicristalinos; conformación de polímeros lineales: teoría de Miller y cadenas ideales de Kuhn
- 3.2 Propiedades mecánicas: relajaciones normales (Rouse) y segmentales; viscoelasticidad de los polímeros lineales
- 3.3 Elastómeros e hidrogeles: elasticidad entrópica, aplicaciones mecánicas y energéticas
- 3.4 Polímeros y fibras de cristal líquido, copolímeros de bloque, materiales compuestos y dispersiones poliméricas amorfas, y sus aplicaciones

Objetivos específicos:

Al acabar el bloque 3 de la asignatura los alumnos sabrán:

- predeterminar los tipos de fases condensadas que pueden formar constituyentes elementales (p.ej. moléculas) en base a su forma y dimensión, y cuáles fases se observarían a alta y baja temperatura;
- exponer las técnicas experimentales más utilizadas para el estudio de las fases moleculares y macromoleculares;
- discutir el grado de desorden y la dinámica molecular en las varias fases y sus impacto en las propiedades mecánicas y reológicas de las mismas;
- utilizar modelos de camino aleatorio, autosimilaridad, deformación afín y elasticidad entrópica, para describir las propiedades dieléctricas y mecánicas de los polímeros lineales y de los elastómeros;
- clasificar las transiciones de fase, y describir la fenomenología de la transición vítrea en varios sistemas como vidrios estructurales, cristales líquidos y cristales plásticos, y polímeros, así como de la cristalización de fases amorfas.
- describir las principales aplicaciones de los vidrios y de los polímeros sintéticos.

Actividades vinculadas:

Examen final

Competencias relacionadas:

02 SCS N3. SOSTENIBILIDAD Y COMPROMISO SOCIAL - Nivel 3: Tener en cuenta las dimensiones social, económica y ambiental al aplicar soluciones y llevar a cabo proyectos coherentes con el desarrollo humano y la sostenibilidad.

06 URI N3. USO SOLVENTE DE LOS RECURSOS DE INFORMACIÓN - Nivel 3: Planificar y utilizar la información necesaria para un trabajo académico (por ejemplo, para el trabajo de fin de grado) a partir de una reflexión crítica sobre los recursos de información utilizados.

07 AAT N2. APRENDIZAJE AUTÓNOMO - Nivel 2: Llevar a cabo las tareas encomendadas a partir de las orientaciones básicas dadas por el profesorado, decidiendo el tiempo que se necesita emplear para cada tarea, incluyendo aportaciones personales y ampliando las fuentes de información indicadas.

Dedicación: 50h

Grupo grande/Teoría: 20h

Aprendizaje autónomo: 30h

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

Cualquier acto de fraude académico, plagio o uso o mera tenencia al alcance de medios no autorizados en cualquier actividad de evaluación comportará la calificación de cero (0) en la prueba o entrega afectada. Además, de acuerdo con la normativa de la Universidad, la posible derivación de los hechos para la apertura de un expediente disciplinario implicará que la asignatura quede en el estado provisional de "pendiente de evaluación" hasta la resolución del expediente. La gestión de estas incidencias se lleva a cabo de acuerdo con el [Marco de actuación para la integridad académica en la evaluación de la UPC](#).

La nota final de cada alumno será la nota del examen final, que será un examen escrito sobre el contenido de la asignatura. Los alumnos disponen, en la plataforma Atenea, de una lista de problemas parecidos a los que puedes salir en el examen.

No se realizará prueba de reevaluación.

NORMAS PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS.

Los estudiantes realizarán el examen escrito de manera individual. Durante el examen no podrán utilizar el material docente de la asignatura, ni la conexión a la red de internet.

BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- 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. Hoboken, NJ: Wiley, 2018. ISBN 9781119454168.
- 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 línea]. 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.

Complementaria:

- 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 Binasque 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

Otros recursos:

A lo largo del curso se proporcionarán los apuntes de la asignatura i listas de enunciados de problemas asociados a cada bloque. El examen final constará de problemas parecidos a los de las listas.