

## 295903 - PFFM - Propiedades Físicas y Funcionales de los Materiales

Unidad responsable: 295 - EEBE - Escuela de Ingeniería de Barcelona Este  
Unidad que imparte: 748 - FIS - Departamento de Física  
Curso: 2019  
Titulación: GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA (Plan 2009). (Unidad docente Optativa)  
GRADO EN INGENIERÍA DE MATERIALES (Plan 2010). (Unidad docente Optativa)  
Créditos ECTS: 6 Idiomas docencia: Catalán, Castellano, Inglés

### Profesorado

Responsable: Tamarit Mur, Jose Luis  
  
Otros: Macovez, Roberto  
Lloveras Muntane, Pol Marcel

### Horario de atención

Horario: Lu 15-17  
Mi: 15-17

### Requisitos

Haber cursado las asignaturas de Metalurgia Física, Propiedades Eléctricas y Magnéticas de los Materiales, Propiedades Mecánicas de los Materiales y Propiedades Ópticas, Térmicas y Acústicas de los Materiales.

### Competencias de la titulación a las cuales 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: El profesor presenta los conceptos fundamentales y algunas demostraciones, complementando con ejemplos claves y la discusión de algunas aplicaciones.  
Problemas y Actividades dirigidas: el profesor presenta la resolución de problemas representativos; los estudiantes repasan los conceptos fundamentales y solucionan algunos problemas, bajo la supervisión del profesor.

### Objetivos de aprendizaje de la asignatura

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

- Conocer los fundamentos físicos de propiedades de materiales, y su comportamiento bajo la acción de campos externos.
- Disponer de la capacidad para abordar problemas conceptuales de los retos de las tecnologías actuales y futuras en los dominios de la ingeniería de los materiales



## 295903 - PFFM - Propiedades Físicas y Funcionales de los Materiales

### Horas totales de dedicación del estudiantado

Dedicación total: 60h	Horas grupo grande:	60h	100.00%
-----------------------	---------------------	-----	---------

## 295903 - PFFM - Propiedades Físicas y Funcionales de los Materiales

### Contenidos

#### Bloque 1. Fundamentos Físicos de las Propiedades Térmicas de los Materiales

Dedicación: 70h

Grupo grande/Teoría: 24h

Actividades dirigidas: 4h

Aprendizaje autónomo: 42h

#### Descripción:

Tema 1.1 Concepto básicos

Introducción a la mecánica estadística. Macroestados y microestados. Probabilidad termodinámica: Fermi-Dirac, Bose-Einstein, Maxwell-Boltzmann. Entropía i probabilidad termodinámica. Funciones de distribución. Función de partición y propiedades termodinámicas.

Tema 1.2 Aplicaciones. Primera parte

Gas ideal monoatómico. Interpretación estadística del trabajo y la calor. Equipartición de la energía. Oscilador lineal cuantificado. Gas ideal diatómico: funciones de partición para la vibración y para la rotación.

Tema 1.3 Aplicaciones. Segunda parte

Teoría de Einstein del calor específico de un sólido. Teoría de Debye del calor específico de un sólido. Gas de fonones.

Gas de fotones: radiación del cuerpo negro, ley de Planck, ley de Wien y ley de Stefan-Boltzmann.

Comparación entre gas de fonones y gas de fotones. Sistemas de iones magnéticos: Paramagnetismo clásico y cuántico.

Cristal metálico: gas de electrones, nivel de Fermi y potencial de contacto.

#### Actividades vinculadas:

Dedicación: 70 h

Teoría: 20 h

Problemas: 4 h

Actividades dirigidas: 4 h

Aprendizaje autónomo: 42 h

## 295903 - PFFM - Propiedades Físicas y Funcionales de los Materiales

Bloque 2. Propiedades dinámicas y electro-  
ópticas de los materiales.

Dedicación: 40h

Grupo grande/Teoría: 15h

Actividades dirigidas: 1h

Aprendizaje autónomo: 24h

### Descripción:

Tema 2.1 Transporte de carga y respuesta a campos eléctricos dependientes del tiempo

Clasificación de los materiales conductores en función del tipo de portador de carga mayoritario:

electrones/huecos, iones, protones; dependencia de la conductividad con la temperatura. Aplicaciones de los conductores iónicos y protónicos, dispositivos electroquímicos. Efecto del desorden y de la repulsión columbiana a las propiedades electrónicas; correlación electrónica y relación con el magnetismo; transiciones metal-aislante. Respuesta lineal, permitividad y conductividad complejas. Mecanismos de polarización con campos eléctricos variables: efectos de conducción y carga espacial en medios no homogéneos; vidrios: dinámica de relajación, modelo de Debye y derivados; respuesta a frecuencias ópticas, plasmones y excitones; modelo de Drude-Lorentz y modelo de Rayleigh-Lorentz para las transiciones ópticas y vibracionales.

Tema 2.2 Materiales moleculares y macromoleculares: propiedades dinámicas y eléctricas, aplicaciones

Propiedades específicas de los materiales orgánicos: grados de libertad orientacionales y conformacionales, isomerismo y polimorfismo. Dependencia de la estructura cristalina y morfología de las condiciones de formación del cristal, self-assembly molecular, diseño de cristales. Mesofases: sólidos orientacionalmente desordenados, cristales plásticos, cristales líquidos termotrópicos y liotrópicos, polímeros, sistemas binarios y coloidales.

Dinámica de relajación molecular primaria y secundaria, dependencia con la temperatura de la relajación primaria y transiciones de tipo vítrea en materiales moleculares y polímeros, relación con las propiedades mecánicas; transiciones de fase en polímeros. Estados electrónicos en materiales orgánicos: interacción electrón-fonón, localización electrónica y conducción por hopping, excitones de Frenkel.

Técnicas experimentales: espectroscopia dieléctrica, análisis mecánica diferencial, técnicas ópticas. Relevancia y aplicaciones de los materiales orgánicos: mesofases en sistemas biológicos; compuestos farmacéuticos, drug delivery; polímeros conjugados y polímeros conductores dopados; aplicaciones optoelectrónicas y electroquímicas: OLED, células solares orgánicas, display de cristales líquidos, supercondensadores.

## 295903 - PFFM - Propiedades Físicas y Funcionales de los Materiales

Bloque 3: Transiciones de fase en materiales multiferróicos

Dedicación: 28h

Grupo grande/Teoría: 16h  
Aprendizaje autónomo: 12h

**Descripción:**

Tema 3.1 Transición en el equilibrio y fuera del equilibrio.

Signaturas termodinámicas de transición. Clasificación de Ehrenfest. Teoría de Landau. Parámetro de orden.

Transiciones de segundo orden y exponentes críticos. Transiciones de primer orden. Transiciones ferróicas.

Nucleación y crecimiento. Avalanchas. Degeneración, interacciones de largo alcance y heterogeneidades.

Dominios. Ferroelasticidad. Compatibilidad elástica. Interacciones de largo alcance elásticas. Plano de hábito.

Autoacomodación. Dominios elásticos. Ferromagnetismo. Modelo de Ising y Teoría micromagnética.

Ferroelectricidad. Vidrios ferróicos: vidrios de spin, relaxors y strain glass.

**Tema 3.2 Sistemas ferróico**

Termodinámica y Teoría de Landau para sistemas multiferróicos. Comportamiento convencional e inverso.

Balance entrópico. Anisotropía magnetocristalina y acoplamiento magnetoelástico. Magnetostricción. Aleaciones con memoria de forma magnética y materiales metamagnéticos. Acoplamiento magnetoeléctrico y piezoeléctrico.

**Tema 3.3 Propiedades funcionales de los sistemas ferróicos y multiferróicos**

Propiedades funcionales de las interfaces. Efecto memoria de forma elástico y magnético. Superelasticidad y superelasticidad magnética.

### Sistema de calificación

La nota final de cada alumno se calcula por una media ponderada de las notas obtenidas en el examen parcial, en las actividades dirigidas y en un trabajo de investigación sobre una temática presentada por los profesores. Se detalla a continuación el peso relativo de cada nota en la nota final:

Examen medio cuatrimestre 30%

Actividades dirigidas/Problemas 20%

Trabajo de Investigación 50%

## 295903 - PFFM - Propiedades Físicas y Funcionales de los Materiales

### Bibliografía

#### Básica:

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.).

Marder, Michael P. Condensed matter physics. 2nd ed. John Wiley & Sons, 2015. ISBN 9780470617984.

Feng Duan; Jin Guojun. Introduction to condensed matter physics. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd, 2005. ISBN 9789812560704.

Strobl, Gert. Condensed matter physics : crystals, liquids, liquid crystals, and polymers. Berlin: Springer, cop. 2003. ISBN 3540003533.

Wadhawan, Vinod. Introduction to ferroic materials. CRC Press, 2000. ISBN 9789056992866.

#### Complementaria:

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.

Planes, Antoni; Mañosa, Lluís; Saxena, Avadh. Magnetism and structure in functional materials. Berlin: Springer, 2005. ISBN 9783540236726.

#### Otros recursos:

A lo largo del curso se proporcionarán al estudiante recursos vía internet, ya sean generalistas, como Wikipedia, o bien particulares, como la del grupo de investigación (<https://gcm.upc.edu/en>)