

**Proyecto/Guía docente de la asignatura**

Asignatura	MATERIALES MULTIFÁSICOS Y MATERIALES CELULARES		
Materia			
Módulo	ESPECIALIZACIÓN EN FÍSICA DE MATERIALES		
Titulación	MÁSTER UNIVERSITARIO EN FÍSICA		
Plan	617	Código	
Periodo de impartición	S1-1	Tipo/Carácter	OPTATIVA
Nivel/Ciclo	MÁSTER	Curso	1º
Créditos ECTS	3		
Lengua en que se imparte	ESPAÑOL		
Profesor/es responsable/s	MIGUEL ÁNGEL RODRÍGUEZ PÉREZ, JAVIER PINTO SANZ, PAULA CIMAVILLA, BEATRIZ MERILLAS, SANTIAGO MUÑOZ		
Datos de contacto (E-mail, teléfono...)	FÍSICA DE LA MATERIAL CONDENSADA, CRISTALOGRAFÍA Y MINERALOGÍA		
Departamento	marrod@fmc.uva.es , jpinto@fmc.uva.es		



1. Situación / Sentido de la Asignatura

1.1 Contextualización

En la actualidad el desarrollo tecnológico de nuestra sociedad crece de manera exponencial, siendo imprescindible para sostener dicho crecimiento la optimización de materiales existentes y el desarrollo de nuevos materiales que puedan cumplir con los cada vez más exigentes requisitos de las nuevas tecnologías.

Una de las estrategias más comúnmente empleadas por químicos, físicos e ingenieros de materiales para fabricar materiales “a la carta” es el desarrollo de materiales multifásicos, en los que la combinación de dos o más componentes permite alcanzar nuevos rangos de propiedades física y químicas que no pueden presentar de manera individual los materiales de partida. En los últimos años, el desarrollo de materiales multifásicos ha experimentado un gran crecimiento con la introducción de la nanotecnología, que ha permitido la creación de fases nanométricas con extraordinarias propiedades, así como el control de la estructura u organización de los materiales multifásicos a escala molecular.

Dicha estructura u organización de los materiales multifásicos es, en la mayoría de los casos, un aspecto crucial para el desarrollo de nuevos materiales con las propiedades deseadas, ya que sin una adecuada estructura los beneficios de la combinación de diversas fases pueden verse seriamente comprometidos. Mientras que una óptima sinergia entre la combinación de diversas fases y su estructura puede incluso permitir alcanzar propiedades muy superiores a las de los materiales de partida. Un caso particular de esa necesaria sinergia son los materiales celulares, compuestos por una fase sólida y una gaseosa, y que podemos encontrar en la actualidad en innumerables aplicaciones y productos presentes en nuestro día a día. Estos materiales presentan de manera general importantes ventajas en cuanto a la reducción de peso y de material (sólido) necesario, y de manera particular una apropiada selección de su estructura y organización les confiere destacables propiedades para la absorción de impactos, aislamiento térmico y acústico, aplicaciones de filtración de aire y agua, etc.

Esta asignatura optativa del Módulo de Especialización en Física de Materiales del Máster Universitario en Física pretende introducir a los alumnos en el diseño de materiales multifásicos con propiedades “a la carta”, dotándoles de los conocimientos fundamentales sobre las relaciones entre la composición, estructura y propiedades de estos materiales, así como de las nociones básicas para la selección de los materiales, proceso de fabricación y estructura requerida para alcanzar los requerimientos de diversas aplicaciones. Estos conocimientos teóricos se verán complementados, afianzados y puestos en práctica con sesiones de trabajo experimental, en el que los alumnos podrán comprobar experimentalmente algunos de los más recientes y notables hallazgos científicos en esta área, como son los cambios en las propiedades físicas macroscópicas de materiales multifásicos compuestos por una fase polimérica y otra gaseosa cuando la fase gaseosa está formando estructuras nanométricas.

1.2 Relación con otras materias

La asignatura tiene relación con varias asignaturas del máster, en particular todas aquellas que están dentro del Módulo de Especialización en Física de Materiales



1.3 Prerrequisitos

Los alumnos que hayan completado un grado de ciencias, preferentemente física, pueden seguir sin dificultades la asignatura. Es recomendable haber cursado durante el grado las asignaturas englobadas en la materia “estructura de la materia”.





2. Competencias

2.1 Generales

- G1. Capacidad de aplicación de conocimientos adquiridos.
- G2. Capacidad crítica, de análisis y síntesis.
- G3. Capacidad de Comunicación
- G4. Capacidad de aprendizaje autónomo.
- G5. Capacidad de trabajo en equipo.

2.2 Específicas

- C3. Capacidad para establecer órdenes de magnitud y para elegir el sistema de medida más adecuado en cada caso.
- C4. Capacidad para extraer información relevante de grandes conjuntos de datos experimentales utilizando tratamientos estadísticos adecuados.
- C6. Capacidad para optimizar recursos.
- C8. Conocimiento de los fundamentos físicos avanzados en los diferentes estados de la materia.
- C10. Conocimiento de las bases teóricas de estudio de la física.
- C11. Conocimiento de los sistemas físicos en la frontera del conocimiento.

Otras competencias específicas adquiridas por los alumnos que cursen esta asignatura:

- Conocimiento de nuevos materiales basados en tecnología
- Comprensión de las propiedades físicas conducentes a la caracterización de materiales
- Capacidad para poder participar en actividades científicas internacionales y en la toma de decisiones científicas a nivel internacional.



3. Objetivos

Introducción:

En la actualidad el desarrollo tecnológico de nuestra sociedad crece de manera exponencial, siendo imprescindible para sostener dicho crecimiento la optimización de materiales existentes y el desarrollo de nuevos materiales que puedan cumplir con los cada vez más exigentes requisitos de las nuevas tecnologías.

Una de las estrategias más comúnmente empleadas por químicos, físicos e ingenieros de materiales para fabricar materiales “a la carta” es el desarrollo de materiales multifásicos, en los que la combinación de dos o más componentes permite alcanzar nuevos rangos de propiedades física y químicas que no pueden presentar de manera individual los materiales de partida. De manera general en esta asignatura se estudiarán materiales que combinen varias fases sólidas (ya sean poliméricas, metálicas, cerámicas, partículas inorgánicas...), o fases sólidas y gaseosas (principalmente aire), estudiando la relación entre las propiedades de cada fase individualmente y el contenido relativo de cada fase con las propiedades del material multifásico. Otro aspecto a tener en cuenta será la afinidad físico-química entre las fases, que será crucial a la hora de entender la transferencia de propiedades entre las distintas fases.

En los últimos años, el desarrollo de materiales multifásicos ha experimentado un gran crecimiento con la introducción de la nanotecnología, que ha permitido la creación de fases nanométricas con extraordinarias propiedades, así como el control de la estructura u organización de los materiales multifásicos a escala molecular.

Dicha estructura u organización de los materiales multifásicos es, en la mayoría de los casos, un aspecto crucial para el desarrollo de nuevos materiales con las propiedades deseadas, ya que sin una adecuada estructura los beneficios de la combinación de diversas fases pueden verse seriamente comprometidos. Mientras que una óptima sinergia entre la combinación de diversas fases y su estructura puede incluso permitir alcanzar propiedades muy superiores a las de los materiales de partida. Un caso particular de esa necesaria sinergia son los materiales celulares, compuestos por una fase sólida y una gaseosa, y que podemos encontrar en la actualidad en innumerables aplicaciones y productos presentes en nuestro día a día. Estos materiales presentan de manera general importantes ventajas en cuanto a la reducción de peso y de material (sólido) necesario, y de manera particular una apropiada selección de su estructura y organización les confiere destacables propiedades para la absorción de impactos, aislamiento térmico y acústico, aplicaciones de filtración de aire y agua, etc.

Objetivos/resultados del aprendizaje:

- Dominar los conceptos básicos relativos a los materiales multifásicos y celulares, así como los distintos tipos de materiales multifásicos y celulares más comunes.
- Conocer cómo se produce de manera general la transferencia de propiedades entre las diversas fases, así como la influencia en este aspecto de la afinidad físico-química y la estructura u organización de las fases.
- Comprender los aspectos fundamentales de la auto-organización (self-assembly) de algunos materiales multifásicos, así como el concepto de límite de percolación para materiales multifásicos en los que un aditivo se añade a una matriz continua.



- Conocer y manejar los principales modelos de predicción de propiedades físicas de los materiales multifásicos y celulares, y emplearlos con materiales reales en las prácticas de laboratorio.
- Comprender y comprobar experimentalmente como la estructura u organización de los materiales multifásicos y celulares es un factor crucial en múltiples propiedades.
- Conocer y practicar con las principales técnicas de fabricación y caracterización estructural y de propiedades de los materiales multifásicos.
- Desarrollar habilidades prácticas en la selección y diseño de materiales multifásicos para cumplir los requisitos de aplicaciones específicas, dominando las relaciones estructura-propiedades-aplicaciones.

Conocer las nuevas tendencias en el campo de los materiales multifásicos y celulares, tanto de manera teórica como experimental





4. Contenidos y/o bloques temáticos

Temario clases teórico-prácticas:

1. Introducción

- 1.1 Los materiales y el desarrollo tecnológico
- 1.2 Relación estructura-propiedades-aplicaciones
- 1.3 El diseño de materiales

2. Materiales multifásicos

- 2.1 Introducción a los materiales multifásicos
- 2.2 Tipos de materiales multifásicos
- 2.3 Estructura y organización de los materiales multifásicos
- 2.4 Principales aplicaciones de los materiales multifásicos

3. Técnicas de fabricación y caracterización de materiales multifásicos

- 3.1 Técnicas de fabricación de materiales multifásicos
- 3.2 Técnicas de caracterización de materiales multifásicos

4. Propiedades de los materiales multifásicos

- 4.1 Relación estructura-propiedades de los materiales multifásicos
- 4.2 Modelización de las propiedades de los materiales multifásicos

5. Materiales celulares

- 5.1 Introducción a los materiales celulares
- 5.2 Tipos de materiales celulares
- 5.3 Estructura y organización de los materiales celulares
- 5.4 Principales aplicaciones de los materiales celulares

6. Técnicas de fabricación y caracterización de materiales celulares

- 6.1 Técnicas de fabricación de materiales celulares
- 6.2 Técnicas de caracterización de materiales celulares

7. Propiedades de los materiales celulares

- 7.1 Relación estructura-propiedades de los materiales celulares
- 7.2 Modelización de las propiedades de los materiales celulares

8. Seminario sobre materiales nanocelulares

- 8.1 Introducción a los materiales nanocelulares
- 8.2 Efectos de la transición micro-nano en las propiedades físicas de los materiales nanocelulares
 - 8.2.1 Efecto Knudsen
 - 8.2.2 Transparencia
 - 8.2.3 Otros efectos
- 8.3 Perspectivas de los materiales nanocelulares



Prácticas de laboratorio:

Los alumnos llevarán a cabo varias prácticas de laboratorio, en las que afianzarán y pondrán en práctica los conocimientos adquiridos sobre fabricación, caracterización y predicción de las propiedades de los materiales multifásicos. Adicionalmente, algunas de las prácticas a desarrollar se centrarán sobre recientes avances científicos de gran impacto, como son el desarrollo de materiales nanocelulares semi-transparentes y de baja conductividad térmica, gracias al confinamiento de la fase gaseosa a escala nanométrica. En dichas prácticas los alumnos reproducirán estudios científicos de reciente publicación y que están al alcance de pocos laboratorios en el mundo, obteniendo así una experiencia práctica de gran valor añadido.

Práctica 1

Técnicas de fabricación de materiales multifásicos y materiales celulares:

En esta práctica los alumnos emplearán y verán en acción diversas técnicas de fabricación de materiales multifásicos y materiales celulares de gran relevancia en el sector industrial y la investigación, como son la extrusión, la inyección, el bead-foaming. Asimismo, tras la etapa de fabricación de materiales caracterizarán algunos de ellos (a nivel estructural y de propiedades físicas) para comprender las particularidades de cada técnica y sus posibles usos.

Práctica 2

Fabricación de materiales celulares anisotrópicos, caracterización y modelización de sus propiedades mecánicas:

En esta práctica los alumnos fabricarán materiales celulares con estructuras anisotrópicas, que posteriormente analizarán mediante microscopía y caracterizarán mediante diversas técnicas experimentales, a fin de comprender y modelizar el comportamiento mecánico de los materiales fabricados, en los que la presencia de anisotropía en la estructura celular dará lugar a unas propiedades físicas macroscópicas dependientes de la dirección de ensayo.

Práctica 3

Fabricación y caracterización de materiales celulares con diversos grados de conectividad:

En esta práctica los alumnos conocerán las rutas de fabricación empleadas para controlar el grado de conectividad de la estructura celular. Posteriormente, mediante diversas técnicas experimentales (microscopía, picnometría, ensayos de impactor, ensayos de absorción acústica) comprobarán como dicha característica de la estructura celular modifica las propiedades físicas macroscópicas de los materiales celulares, y como su control permite obtener materiales con mejor rendimiento para aplicaciones específicas.

Práctica 4

Aplicación de técnicas de imagen mediante radiación al estudio de los materiales multifásicos:

En esta práctica los alumnos tomarán contacto con técnicas no destructivas de imagen mediante radiación, con las cuales es posible tanto reconstruir tridimensionalmente la estructura interna de los materiales multifásicos como de estudiar su evolución durante sus procesos de fabricación. Los alumnos, tras comprender los mecanismos físicos y sistemas empleados en estas técnicas, emplearán diversas estrategias de análisis de la información obtenida para el estudio de la estructura interna de los materiales multifásicos y sus procesos de fabricación.



Prácticas 5 y 6

Materiales nanocelulares: producción y propiedades físicas:

A lo largo de estas dos prácticas los alumnos fabricarán materiales micro y nanocelulares mediante la técnica de espumado por disolución de gas, que posteriormente caracterizarán mediante microscopía electrónica. Utilizando dichos materiales los alumnos comprobarán experimentalmente la existencia del efecto Knudsen en dichos materiales (un efecto que aparece en el rango nanométrico y que reduce drásticamente su conductividad térmica), así como sus propiedades ópticas (analizando como la reducción del tamaño de celda al rango nanométrico permite a estos materiales llegar a ser transparentes). En ambos casos los alumnos seguirán los mismos procedimientos experimentales que han permitido demostrar recientemente dichas sorprendentes propiedades de estos materiales por primera vez.

Práctica 7

Conductividad térmica de materiales multifásicos:

En esta práctica los alumnos comprobarán como la adición de una segunda fase dispersada en una matriz modifica la conductividad térmica del material multifásico. En concreto, estudiarán como se relaciona el aumento del porcentaje de la segunda fase y su distribución (analizadas mediante reología extensional) con la conductividad térmica del material final (medida mediante la técnica TPS), comprobando si dichos resultados experimentales concuerdan con los modelos para materiales multifásicos vistos en las clases teóricas.

5. Métodos docentes y principios metodológicos

Los métodos docentes que se emplearán son:

- Clase magistral participativa.
- Resolución de problemas y ejercicios.
- Seminario sobre temas de actualidad en la investigación sobre materiales multifásicos.
- Realización de prácticas de laboratorio (explicada en el apartado previo)
- Tutorías:
 - Tutoría conjunta: se llevará a cabo una tutoría conjunta al finalizar el tema 7
 - Los alumnos podrán acudir a tutorías individuales siempre que lo necesiten)

Se presentará la materia en clases magistrales participativas o de resolución de problemas. Es aconsejable que el alumno prepare la materia con antelación, para ellos se le proporcionarán materiales docentes, ya sea elaborados por el propio profesorado de la asignatura, y de fácil acceso en la red o en la biblioteca.

Una vez realizada la explicación de cada parte teórica y práctica de la asignatura, resolviendo las dudas o cuestiones que puedan surgir, se pedirá al alumno que trabaje sobre una colección de problemas proporcionada por el profesor, que puede ser ampliada con la bibliografía propuesta. Parte de estos problemas serán resueltos en clase, con el objetivo de demostrar a los alumnos el uso de las herramientas y ecuaciones propuestas para el diseño y fabricación de materiales multifásicos y la predicción/modelización de sus propiedades.

Se utilizará el Campus Virtual de la Uva para proporcionar los materiales básicos de la asignatura.



Se llevará a cabo una tutoría conjunta con los alumnos al finalizar el tema 7, que servirá para resolver las dudas principales que puedan haber surgido y afianzar los conocimientos adquiridos antes de iniciar las clases prácticas en el laboratorio.

Una vez finalizadas las clases magistrales y de resolución de ejercicios los alumnos realizarán en grupos las prácticas de laboratorio, en las que tendrán que poner en prácticas los conocimientos adquiridos y podrán comprobar experimentalmente algunas de las técnicas de fabricación, teorías, modelos y técnicas de caracterización de materiales multifásicos explicados en la asignatura.

Los alumnos deben llevar a cabo un trabajo individual sobre una de las prácticas desarrolladas, la asignación de dicha práctica será a criterio del profesorado de la asignatura. En dicho trabajo deberán presentar el proceso de diseño de dicho material y su aplicación objetivo, describir su proceso de fabricación explicando sus ventajas y desventajas, aplicar las bases teóricas proporcionadas en la asignatura para estimar las propiedades esenciales para su aplicación objetivo, explicar los fundamentos de las técnicas experimentales empleadas para comprobar dichas propiedades, y presentar los resultados obtenidos experimentalmente, comparándolos y comentándolos con respecto a las predicciones desarrolladas y los requerimientos de la aplicación objetivo.

6. Tabla de dedicación del estudiante a la asignatura

ACTIVIDADES PRESENCIALES	HORAS	ACTIVIDADES NO PRESENCIALES	HORAS
Clases teórico-prácticas	7	Estudio y trabajo autónomo individual	22
Seminario	1	Realización trabajo individual	15
Tutoría	1	Búsquedas bibliográficas	2
Prácticas de laboratorio	26		
Total presencial	35	Total no presencial	39

7. Sistema y características de la evaluación

INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO	PESO EN LA NOTA FINAL	OBSERVACIONES
Examen final	40%	Duración aproximada: 2 horas
Seguimiento de la actividad en el laboratorio	20%	Se valorará la asistencia a las prácticas de laboratorio (55%), actitud proactiva del alumno (15%), dominio de los conceptos básicos de la asignatura (15%), capacidad de trabajo en equipo (15%)
Trabajo individual	40%	Se valorará la originalidad del trabajo (no valen copias de textos y/o artículos) (20%), la calidad y claridad en la explicación de los conceptos teóricos (25%), el desarrollo y presentación correcta de los cálculos y medidas experimentales (25%), el pensamiento crítico en la interpretación de los resultados (20%), y la presentación del trabajo (10%)



CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

- **Convocatoria ordinaria:**
 - Para aprobar la asignatura será necesario obtener más de un 50% de la puntuación total, obteniendo además más del 50% de la puntuación tanto en el examen final como en el trabajo individual. De manera excepcional, quienes habiendo llegado al 50% de la puntuación total no llegasen al 50% de la puntuación en el examen final o en el trabajo individual podrán aprobar la asignatura si han obtenido más del 90% de la puntuación en el seguimiento de la actividad en el laboratorio.
- **Convocatoria extraordinaria:**
 - Para aprobar la asignatura será necesario obtener más de un 50% de la puntuación total, obteniendo además más del 50% de la puntuación tanto en el examen final como en el trabajo individual. Aquellos alumnos que en la convocatoria ordinaria hubieran obtenido más del 50% en el examen final o en el trabajo individual podrán elegir volver a evaluarse o no de dicha parte, siendo obligatorio evaluarse de cualquiera de esas partes con menos de un 50% de la puntuación. La nota correspondiente al seguimiento de la actividad en el laboratorio obtenida en la convocatoria ordinaria se conservará para la convocatoria extraordinaria.

8. Consideraciones finales

Los profesores de la asignatura harán accesible a los alumnos el conjunto de materiales y recursos de apoyo que consideren adecuado utilizar en la preparación de la asignatura a través de la página web de la UVa (campus virtual) o de la reprografía del centro.

Bibliografía recomendada:

- J. A. de Saja, M. A. Rodríguez-Perez, M. L. Rodríguez-Mendez, *Materiales: Estructura, Propiedades y aplicaciones*, Thompson Paraninfo, 2005.
- W. D. Callister, *Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales*, Ed. Reverté, 1995.
- L. J. Gibson, M. F. Ashby, *Cellular Solids: Structure and Properties*, Cambridge University Press, 1997.
- P. M. Visakh, G. Markovic, D. Pasquini, *Recent Developments in Polymer Macro, Micro and Nano Blends*, Woodhead Publishing, 2017.