



**Máster en Ciencia y Tecnología Químicas**  
**Facultad de Ciencias Químicas**  
**Universidad Complutense de Madrid**

**Guía docente**

**MATERIALES INORGÁNICOS: DE LAS  
PROPIEDADES AL DISPOSITIVO**

Código: 605223

**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS**  
**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**  
**CURSO 2022-2023**

**Nombre de la asignatura (Subject name)**

**Materiales Inorgánicos: de las Propiedades al Dispositivo**

*Inorganic Materials: from Properties to Devices*

**Duración**

**Primer semestre**

**Créditos ECTS /Carácter**

**6 / Optativa en el Módulo 2 (“Especialización”) en:**  
**Materia 2.1 (“Nanociencia y Nanomateriales”)**  
**Materia 2.2 (“Ciencia y Tecnología de Materiales”)**  
**Materia 2.3 (“Instrumentación y Análisis”)**  
**Materia 2.4 (“Perspectivas en Química”)**

**Contenidos básicos (Subject knowledge)**

Cristales líquidos. Materiales eléctricos y electrónicos. Materiales ópticos y optoelectrónicos. Materiales magnéticos. Materiales híbridos y multifuncionales. Materiales para catálisis. Dispositivos basados en diferentes tipos de materiales.

*Liquid crystals. Electrical and electronic materials. Optical and optoelectronic materials. Magnetic materials. Hybrid and multifunctional materials. Materials for catalysis. Devices based on different types of materials.*

**Profesores y ubicación**

<b>Profesor</b>	Khalid Boulahya
<b>Departamento</b>	Química Inorgánica
<b>Correo electrónico</b>	khalid@quim.ucm.es

<b>Profesora</b>	Maria José Mayoral Muñoz
<b>Departamento</b>	Química Inorgánica
<b>Correo electrónico</b>	mj.mayoral@ucm.es

<b>Profesora</b>	Elizabeth Castillo Martínez
<b>Departamento</b>	Química Inorgánica
<b>Correo electrónico</b>	ecastill@ucm.es

<b>Profesora</b>	Blanca González Ortiz
<b>Departamento</b>	Química en Ciencias Farmacéuticas
<b>Correo electrónico</b>	blancaortiz@ucm.es

## Objetivos y competencias (*Abilities and Skills*)

### OBJETIVOS

- 1.- Proporcionar una base sólida y equilibrada de conocimientos en materiales inorgánicos.
- 2.- Desarrollar capacidades para aplicar los conocimientos, tanto teóricos como prácticos, a la resolución de problemas en entornos nuevos o dentro de contextos poco conocidos tanto químicos como multidisciplinares.
- 3.- Desarrollar capacidades que le permitan comunicar sus conclusiones, conocimientos y razonamientos sobre materiales inorgánicos, tanto a audiencias especializadas como no especializadas de una forma clara y sin ambigüedades.
- 4.- Desarrollar herramientas de aprendizaje, mediante la educación en ciencia y tecnología químicas, que permitan a los estudiantes continuar su formación de un modo autodirigido o autónomo.
- 5.- Generar en el estudiante el gusto por la investigación científica.

### ABILITIES

1. *To give the appropriate basis of knowledge on inorganic materials.*
2. *To develop theoretical and practical abilities to solve scientific problems in new fields of chemistry or multidisciplinary areas.*
3. *To develop abilities for communicating their knowledge and conclusions on inorganic materials.*
4. *To develop learning tools that allow the students to continue their training in an autonomous manner.*
5. *To induce the interest for the research.*

### COMPETENCIAS GENERALES

- CG1.- Integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de problemas en el área de los materiales inorgánicos.
- CG2.- Desarrollar habilidades teórico-prácticas para resolver problemas de interés científico dentro del campo de los materiales inorgánicos.
- CG3.- Interpretar y analizar datos complejos que contribuyan al conocimiento de los materiales inorgánicos.
- CG4.- Reconocer y evaluar la calidad de los resultados teóricos y prácticos utilizando las herramientas adecuadas.
- CG5.- Utilizar y reconocer la tecnología de los materiales inorgánicos para poder resolver problemas en el entorno de los mismos.
- CG6.- Conocer y comprender los fundamentos científicos de los materiales inorgánicos y sus interrelaciones entre estructura, propiedades y aplicaciones.
- CG7.- Correlacionar la composición de los materiales inorgánicos con su estructura y propiedades.
- CG8.- Aplicar las técnicas de caracterización adecuadas al sistema objeto de estudio.
- CG9.- Reconocer la importancia y utilidad de los materiales inorgánicos en diversos campos.

CG10.- Describir los procesos en que se basan algunos usos de los materiales inorgánicos.

### **GENERAL SKILLS**

- GS1.- To integrate knowledge on inorganic materials and to face up the complexity of questions in this area.*
- GS2.- To develop capabilities on theory and practice to solve scientific questions on inorganic materials.*
- GS3.- To analyze complex data contributing to the knowledge of inorganic materials.*
- GS4.- To recognize and evaluate the quality of the results by using the appropriate tools.*
- GS5.- To use and recognize the technology of inorganic materials in order to solve scientific problems in the area.*
- GS6.- To understand the scientific basis of the inorganic materials and their structure – properties – applications relationships.*
- GS7.- To correlate the composition of the inorganic materials with their structure and properties.*
- GS8.- To apply the adequate characterization techniques to concrete studies.*
- GS9.- To recognize the importance and use of the inorganic materials in different areas.*
- GS10.- To describe the processes in which some uses of the inorganic materials are based.*

### **COMPETENCIAS ESPECÍFICAS**

- CE2.- Planificar la experimentación de acuerdo a modelos teóricos o experimentales establecidos para materiales inorgánicos.
- CE3.- Utilizar programas informáticos adecuados para el estudio de los materiales inorgánicos.
- CE4.- Desarrollar habilidades teórico-prácticas para la caracterización y análisis de materiales inorgánicos.
- CE5.- Desarrollar habilidades teórico-prácticas para relacionar la estructura de los materiales inorgánicos con sus propiedades.
- CE8.- Seleccionar y utilizar los distintos procedimientos de obtención de materiales inorgánicos.
- CE11.- Identificar las funcionalidades de diferentes materiales inorgánicos, así como su desarrollo orientado hacia potenciales aplicaciones.
- CE12.- Diseñar materiales inorgánicos adecuados para su utilización en un ámbito determinado, y conocer las estrategias para su síntesis.

### **SPECIFIC SKILLS**

- SS2.- To design the research according to theoretical or experimental models established for inorganic materials.*
- SS3.- To use computational tools for the study of inorganic materials.*
- SS4.- To develop theoretical and practical abilities for the characterization and analysis of inorganic materials.*
- SS5.- To develop theoretical and practical abilities to relate the inorganic materials structure with their properties.*

- SS8.- *To select and use different procedures to obtain inorganic materials.*  
SS11.- *To identify the functionalities of inorganic materials and their development towards potential applications.*  
SS12.- *To design inorganic materials for their use in certain areas, and to know the strategies for their synthesis.*

### **COMPETENCIAS TRANSVERSALES**

- CT1.- Elaborar, escribir y defender informes de carácter científico y técnico.  
CT2.- Trabajar en equipo.  
CT3.- Valorar la importancia de la sostenibilidad y el respeto al medio ambiente.  
CT4.- Demostrar capacidad de autoaprendizaje.  
CT5.- Demostrar compromiso ético.  
CT6.- Comunicar resultados de forma oral/escrita.  
CT8.- Demostrar motivación por la investigación científica.

### **GENERIC COMPETENCES**

- GC1.- *To elaborate, write and defend scientific and technical reports.*  
GC2.- *To work in multidisciplinary team.*  
GC3.- *To understand the importance of respecting and preserving the environment.*  
GC4.- *To demonstrate the ability to learn independently.*  
GC5.- *To show ethical commitment.*  
GC6.- *To communicate results orally or in writing.*  
GC8.- *To show motivation for scientific research.*

## **Resultados de aprendizaje (*Learning outcomes*)**

Al final de la asignatura el alumno debe ser capaz de:

- Explicar la relación entre estructura cristalina, estructura electrónica y propiedades eléctricas en sólidos inorgánicos.
- Explicar el comportamiento de materiales como componentes de baterías secundarias de litio o de pilas de combustible y de los superconductores en diferentes dispositivos.
- Describir las diferentes técnicas utilizadas en la caracterización magnética y eléctrica de materiales.
- Distinguir entre la dimensionalidad de spin y la dimensionalidad estructural, y analizar el origen de la anisotropía intrínseca y anisotropía magnetocristalina.
- Reconocer la utilidad de la difracción de neutrones en la determinación de las estructuras magnéticas.
- Describir algunas de las aplicaciones de los materiales magnéticos y su uso en ciertos dispositivos.
- Reconocer tendencias actuales en materiales ópticos y sus diferentes campos de aplicación.
- Describir los diferentes fenómenos físicos que tienen lugar en los materiales inorgánicos con propiedades multifuncionales.

- Reconocer la naturaleza cristal líquido mediante la utilización de técnicas ad hoc, y describir los distintos tipos de mesofases y relacionarlas con texturas ópticas.
- Reconocer el impacto de los cristales líquidos en tecnologías actuales.
- Describir procesos industriales que se desarrollan a través de catálisis homogénea, explicar los ciclos catalíticos que intervienen en dichos procesos, y determinar los factores que afectan a la velocidad y selectividad de los mismos.
- Evaluar la incidencia de la catálisis homogénea en la industria química.
- Describir el concepto de material biocompatible en función de su aplicación específica como dispositivo médico.
- Diseñar dispositivos implantables (prótesis articulares e injertos óseos), a partir de materiales biocompatibles de naturaleza cerámica, metálica y polimérica.

*At the end of this subject, the students will be able of:*

- *Explaining the relationship between crystal structure, electronic structure and electrical properties of inorganic solids.*
- *Explaining the behavior of materials as components of secondary lithium batteries, fuel cells or superconductors in different devices.*
- *Describing different techniques used for the magnetic and electrical characterization of materials.*
- *Distinguishing between spin and structural dimensionality, and analyzing the origin of the magnetic anisotropy.*
- *Recognizing the use of the neutron diffraction to determine magnetic structures.*
- *Describing some applications of magnetic materials and their use in different devices.*
- *Recognizing current tendencies of optical materials and their applications.*
- *Describing physical phenomena of multifunctional materials.*
- *Recognizing the liquid crystal nature by using adequate techniques, and describing the different types of mesophases and relating with their optical textures.*
- *Recognizing the impact and interest of liquid crystals in current technologies.*
- *Describing industrial processes based on homogeneous catalysis, explaining the catalytic cycles implied and determining the factors that affect to the velocity and selectivity of the processes.*
- *Evaluating the importance of the homogeneous catalysis in the chemical industry.*
- *Describing the concept of biocompatible material as a function of their application as medical device.*
- *Designing some implantable devices (total joint prostheses and bone grafts) from ceramic, metallic and polymeric biocompatible materials.*

La asignatura 2.1.4 “Materiales Inorgánicos: de las Propiedades al Dispositivo” se oferta dentro del módulo de especialización, y presenta un carácter optativo dentro de los cuatro itinerarios (Materia 2.1 “Nanociencia y Nanomateriales”, Materia 2.2 “Ciencia y Tecnología de Materiales”, Materia 2.3 “Instrumentación y Análisis” y Materia 2.4 “Perspectivas en Química”).

Se contempla analizar la relación de las propiedades de materiales inorgánicos con la aplicabilidad en la construcción de diferentes dispositivos. Si los materiales son moleculares, será necesario analizar el diseño de los bloques de construcción y el control de las interacciones intermoleculares para la obtención de estructuras que exhiban las propiedades requeridas, y que posibiliten la utilización de dichos materiales en dispositivos.

Esta asignatura pretende ofrecer una panorámica de los materiales inorgánicos con sus aplicaciones en diferentes dispositivos, y por ello se puede relacionar con cualquiera de los itinerarios del módulo de especialización. Por esta razón, se oferta como optativa en los cuatro itinerarios.

## Programa de la asignatura

### Generalidades

Materiales inorgánicos: moleculares y no moleculares. Importancia e interés actual.

### Bloque I.

#### **I.1. Materiales con propiedades eléctricas.**

Caracterización eléctrica de materiales: materiales dieléctricos, electrolitos sólidos y materiales con conductividad mixta. Dispositivos generadores y acumuladores de energía: pilas de combustible y baterías secundarias de litio. Aplicaciones de los materiales superconductores.

#### **I.2. Materiales con propiedades magnéticas.**

Técnicas de caracterización magnética. Interacciones magnéticas de baja dimensionalidad. Anisotropía y campo cristalino en materiales magnéticos. Nuevas perspectivas en el diseño de imanes permanentes. Difracción de neutrones: estructuras magnéticas. Aplicaciones y dispositivos.

#### **I.3. Materiales multifuncionales.**

Magnetorresistentes. Multiferroicos y magnetoeléctricos. Magneto-calóricos. Termoeléctricos. Materiales híbridos. Dispositivos.

### Bloque II.

#### **II.1. Materiales con propiedades ópticas.**

Pigmentos inorgánicos avanzados. Luminiscencia persistente. Aplicaciones de LEDs y OLEDs. Fibras ópticas y transmisión de datos.

#### **II.2. Cristales líquidos.**

Comportamiento cristal líquido. Metalomesógenos. Tipos de mesofases y su caracterización. Relación forma molecular-mesofase. Aplicaciones en displays.

### **Bloque III. Catalizadores**

Catálisis homogénea y heterogénea. Preparación y caracterización de catalizadores. Principales procesos industriales. Aplicaciones.

### **Bloque IV. Biomateriales**

Materiales en contacto con sistemas biológicos. Bases de biocompatibilidad. Propiedades de superficie de biomateriales. Biomateriales metálicos, poliméricos, cerámicos y de origen biológico. Biomateriales compuestos y biomateriales multifuncionales.

## **Metodología y programación docente**

La práctica docente seguirá una metodología mixta basada en el aprendizaje cooperativo, el aprendizaje colaborativo y el autoaprendizaje. Esta metodología se desarrollará a través de clases teóricas mediante exposiciones magistrales (3,6 ECTS; CG1, CG3, CG4, CG5, CG6, CG7, CG8, CG9, CG10, CE8, CE11, CE12, CT3, CT5), y clases de seminarios (1,8 ECTS; CG1, CG2, CG3, CG4, CG5, CG6, CG7, CG8, CG9, CG10, CE2, CE3, CE4, CE5, CE8, CE11, CE12, CT3, CT4, CT5). Como apoyo a las explicaciones teóricas y seminarios, se proporcionará a los alumnos el material docente apropiado a través del **Campus Virtual**, en inglés o en español dependiendo de la fuente de procedencia.

Se realizarán también tutorías dirigidas (0,2 ECTS; CG1, CG2, CG3, CG4, CE2, CE3, CE4, CE5, CE8, CE11, CE12, CT2, CT4, CT5, CT6) sobre aspectos relacionados con el temario de la asignatura. Ellas servirán para conocer las capacidades de los alumnos en la adquisición de conocimientos y competencias de la materia.

Además, los alumnos elaborarán trabajos individuales o en grupo relacionados con los contenidos de la asignatura. Ello permitirá que los estudiantes pongan en práctica sus capacidades en la obtención de información, empleando la bibliografía o recursos adecuados. También podrán asistir a aquellas conferencias, recomendadas por la Comisión de Coordinación del Máster, cuyo perfil sea más adecuado a los contenidos de cada materia. Estas actividades, junto con los exámenes orales o escritos, supondrán 0,4 ECTS (CG1, CG6, CG7, CE11, CT1, CT2, CT3, CT4, CT5, CT6, CT8).

### **PROGRAMACION DOCENTE**

<b>Actividad</b>	<b>Presencial (hrs)</b>	<b>Trabajo autónomo (hrs)</b>	<b>Créditos ECTS (horas)</b>
<b>Teoría</b> / Theory classes	36,0	54,0	3,6 (90,0)
<b>Seminarios</b> / Seminars	18,0	27,0	1,8 (45,0)
<b>Tutorías</b> / Tutorials	2,0	3,0	0,2 (5,0)
<b>Preparación de trabajos, conferencias y exámenes</b> / Works preparation, conferences and exams	4,0	6,0	0,4 (10,0)
<b>Total</b>	<b>60,0</b>	<b>90,0</b>	<b>6 (150)</b>

## Evaluación del aprendizaje

El rendimiento académico del estudiante se computará atendiendo a la calificación del examen final y la evaluación del trabajo personal en los siguientes porcentajes:

- Examen escrito u oral: 40 %  
Se realizará una evaluación mediante exámenes cortos al final de cada bloque. Al comienzo del curso se informará de las fechas de dichos exámenes. Será necesario obtener una puntuación mínima de 4,0 de media entre todos los exámenes para acceder a la calificación global de la asignatura.
- Trabajo personal: 50 %  
Se valorará el trabajo individual que se realice, teniendo en cuenta el conjunto del trabajo, la claridad de la presentación y las respuestas a las preguntas planteadas.
- Participación en tutorías y asistencia a conferencias: 10 %  
Se valorará la capacidad, actitud y destreza que demuestre en las actividades planteadas.

Para poder ser evaluado, el estudiante deberá haber participado, al menos, en el 70 % de las actividades presenciales.

Las calificaciones estarán basadas en la puntuación absoluta sobre 10 puntos y de acuerdo con la escala establecida en el RD 1125/2003.

## Idioma o idiomas en que se imparte

Español

## Bibliografía y recursos complementarios

- o Ashcroft, N. W.; Mermin, N. D.: “*Solid State Physics*”, Saunders College Publishing, 1976.
- o Bruce, D. W.; O’Hare, D.; Walton, R.: “*Functional Oxides: Functional Electronic Oxides*”, Inorganic Materials Series, Wiley-Blackwell, 2010.
- o Bruce, D. W.; O’Hare, D.; Walton, R.: “*Molecular Materials*”, Inorganic Materials Series, Wiley-Blackwell, 2010.
- o Bruce, P. (Ed.): “*Solid State Electrochemistry*”, Cambridge University Press, 1995.
- o Chikazumi, S.: “*Physics of Ferromagnetism*”, Oxford Science Publications, 1997.
- o Elliot, S.: “*The Physics and Chemistry of Solids*”, Wiley, 2006.
- o Gómez-Romero, P.; Sanchez, C.: “*Functional Hybrid Materials*”, Wiley-VCH, 2003.
- o Guelcher, S. A.; Hollinguer, J. O.: “*An Introduction to Biomaterials*”, CRC Taylor & Francis, 2006.
- o Hook, J. R.; Hall, H. E.: “*Solid State Physics*”, Wiley, 2006.

- Julien, C.; Nazri, G. A.: “*Solid State Batteries: Materials Design and Optimization*”, Kluwer Academic Publishers, 1994.
- Kickelbick, G.: “*Hybrid Materials: Synthesis, Characterization and Applications*”, Wiley-VCH, 2006.
- Kittel, C.: “*Introduction to Solid State Physics*”, John Wiley & Sons, 1986.
- Moulson, A. J.; Herbert, J. M.: “*Electroceramics: Materials, Properties, Applications*”, Wiley, 2003.
- Nassau, K.: “*The Physics and Chemistry of the Colour*”, John Wiley & Sons, 2001.
- Christie, R. M. “*La química del color*” Ed. Acribia S.A, 2003
- Blasse, G., Grabmaier, B. C. “*Luminescent Materials*” Springer-Verlag 1994
- Alonso Fernandez, B.; Borrego Varillas, R. Hernández-García, C.; Pérez-Hernandez, J.; Romero-Vazquez, C. “*El Láser, la luz de nuestro tiempo*” 2010 Ed. Isabel Arias Tobalina
- Planell, J. A. et al. (Eds.): “*Bone Repair Biomaterials*”, CRC Woodhead Publishing in Materials, 2009.
- Saito, G.; Wudl, F.; Haddon, R. C.; Tanigaki, K.; Enoki, T.; Katz, H. E. (Eds.): “*Multifunctional Conducting Molecular Materials*”, RSC Publishing, 2006.
- Singhal, S. C.; Kendall, K. (Eds.): “*High Temperature Solid Oxide Fuel Cells: Fundamentals, Design and Applications*”, Elsevier, 2003.
- Tilley, R.: “*Colour and the Optical Properties of Materials*”, John Wiley & Sons, 2000.
- Tishin, A. M.; Spichkin, I.: “*The Magnetocaloric Effect and its Applications*”, IOP Publishing, 2003.
- Tokura, Y.: “*Colossal Magnetoresistive Oxides*”. Advances in Condensed Matter Science. Vol 2. Gordon & Breach Science Publishers, 2000.
- Vallet-Regí, M.; Arcos, D.: “*Biomimetic Nanoceramics in Clinical Use*”, RSC Nanoscience & Nanotechnology, 2008.
- Vallet-Regí, M.; Munuera, L.: “*Biomateriales Aquí y Ahora*”, Dykinson, 2000.
- van Schalkwijk, W. A.; Scrosati, B.: “*Advances in Lithium-Ion Batteries*”, Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2002.
- Wagner, W.; Sakiyama-Elbert, S.; Zhang, G.; Yaszemski, M. (Eds.): “*Biomaterials Science - An Introduction to Materials in Medicine*”, 4<sup>th</sup> ed. Elsevier, Academic Press 2020. eBook ISBN: 9780128161388. Hardcover ISBN: 9780128161371.