

Curso
2026/2027

Guía Docente:

MATERIALES EN CATÁLISIS



FACULTAD DE
CIENCIAS QUÍMICAS

1. IDENTIFICACIÓN

Titulación	Máster en Química de Materiales para el Futuro	Código	610594
Asignatura	Materiales en Catálisis	ECTS	5
Materia	Aplicaciones de Materiales		
Módulo	Aplicaciones de Materiales		
Carácter	Optativo	Semestre	Primero
Departamento responsable	Química Física (QF) Química Inorgánica (QI)		

Profesores responsables

Actividad	Profesor	Email	Despacho	Departamento
Teoría Seminarios	Guillermo González Rubio	ggrubio@ucm.es	QA-247	QF
Teoría Seminarios	Israel Cano Rico	iscano@ucm.es	QA-211	QI
Teoría Seminarios	M. Carmen Martín Gandul	mariad80@ucm.es	QA-222	QI
Teoría Seminarios	Cristina Adam Delgado	cristina.adan@ucm.es	QA-226	QI

2. OBJETIVOS

1. Analizar los diferentes tipos de materiales, sus propiedades y sus potenciales aplicaciones en diversos procesos catalíticos de interés para la sociedad.
2. Conocer los principios, mecanismos y aplicaciones de los diferentes tipos de catalizadores que puedan operar en fase homogénea, heterogénea/soportada y a nivel nanométrico.
3. Analizar los diferentes procesos catalíticos de aplicación actual en la industria y el desarrollo de catalizadores en diversos ámbitos de investigación.
4. Analizar la relación estructura/propiedades de los materiales con propiedades catalíticas con el fin de proponer nuevos materiales de última generación, que permitan una optimización de los procesos existentes o la consecución de nuevas aplicaciones.
5. Evaluar la relevancia de los materiales estudiados en los procesos catalíticos con aplicación en la industria o en investigación respecto a su impacto en la sostenibilidad y la mejora de la calidad de vida diaria.
6. Investigar y desarrollar nuevas fronteras en el campo de los materiales y la catálisis

3. CONTEXTUALIZACIÓN EN EL MÁSTER

La asignatura es de carácter optativo y se oferta dentro del Módulo *Aplicaciones de Materiales* formando parte de la materia del mismo nombre.

Esta asignatura pretende ofrecer una panorámica actual de los diferentes materiales, principalmente inorgánicos, utilizados en las distintas subáreas de la catálisis.

Concretamente, se contempla analizar y relacionar los distintos tipos de procesos catalíticos (homogéneos, heterogéneos, soportados, etc.), de gran aplicación en la industria, con las diferentes clases de materiales que puedan estar asociados o sean específicos en dichos procesos. En este sentido, se analizará el papel del material en el proceso catalítico, las diferentes interacciones catalizador/sustrato según la naturaleza del proceso, así como los factores que lo determinan, para poder obtener un mejor conocimiento de las características químicas y estructurales de los materiales más efectivos. De esta forma, se podrán diseñar nuevos catalizadores que sean más selectivos y específicos y que, por tanto, mejoren y abaraten los procesos catalíticos industriales, todo ello contemplando un enfoque más sostenible y respetuoso con el medio ambiente.

Adicionalmente, se pretende dar una visión de los materiales de nueva generación que están marcando actualmente tendencia en la investigación en catálisis a nivel internacional.

4. CONTENIDOS

Conocimientos básicos

Perfil de reacción. Actividad, TON, TOF, conversión, rendimiento, selectividad y estabilidad. Promotores, inhibidores y venenos. Catálisis, sostenibilidad y medio ambiente. Catálisis homogénea. Reacciones fundamentales. Procesos catalíticos representativos. Catálisis asimétrica. Catálisis heterogénea/soportada. Cinética. Estructura y composición de superficies. Relación entre estructura electrónica/reactividad. Caracterización de catalizadores heterogéneos. Proceso Fischer-Tropsch, proceso Syn-Gas, síntesis orgánica, química fina y catálisis ácida. Catálisis con nanopartículas. Síntesis y caracterización de nanopartículas. Efecto del tamaño, la forma y del ligando/estabilizante. Cooperación ligando/estabilizante-metal y nanopartícula-soporte. Aplicaciones catalíticas. Materiales en fotocatalisis. Fotodegradación de contaminantes, fotosíntesis artificial y water-splitting. Materiales en electrocatálisis. Electrorreducción de CO₂.

Contenidos generales

1. Conceptos básicos en catálisis.
2. Características fundamentales, mecanismos y peculiaridades de las diferentes subáreas de la catálisis.
3. Síntesis, estructura y propiedades de los diferentes tipos de catalizadores.
4. Catalizadores asociados a cada subárea de la catálisis, así como los procesos catalíticos más representativos para cada una de ellas.
5. Implicación de la catálisis en la sostenibilidad y aplicación de ésta a la salvaguarda del medio ambiente.
6. Tendencias actuales y futuras en catálisis y en el desarrollo de nuevos materiales catalíticos.

Programa

BLOQUE 1. INTRODUCCIÓN A LA CATÁLISIS. CONCEPTOS GENERALES.

Tema 1. Conceptos generales

- Definición. Mecanismo general de catálisis. Perfil de reacción. Tipos de catálisis. Catálisis homogénea y heterogénea.
- Actividad (TON, TOF), conversión, rendimiento, selectividad y estabilidad. Promotores, inhibidores y venenos.

Tema 2. Catálisis, sostenibilidad y medio ambiente.

BLOQUE 2. CATÁLISIS HOMOGÉNEA.**Tema 3. Reacciones fundamentales.**

- Adición oxidativa y eliminación reductora. Inserción y eliminación. Coordinación y disociación de ligandos. Ataque nucleófilo y electrófilo sobre ligandos coordinados.

Tema 4. Procesos catalíticos. Aplicaciones.

- Reacciones de hidrogenación e hidrofuncionalización
- Reacciones de oxidación
- Reacciones de carbonilación
- Procesos de activación C-H
- Reacciones de acoplamiento
- Metátesis
- Transformación de CO₂
- Polimerización
- Catálisis asimétrica
- Otros procesos catalíticos

BLOQUE 3. CATÁLISIS HETEROGÉNEA Y NANOCATÁLISIS.**Tema 5. Catálisis heterogénea/soportada**

- Fundamentos de catálisis heterogénea. Mecanismo y etapas de la reacción. Cinética en reacciones heterogéneas. Estructura y composición de superficies sólidas. Curvas de energía potencial. Relación entre estructura electrónica/reactividad. Transporte y difusión de especies.
- Catalizadores heterogéneos y soportados: óxidos metálicos, materiales basados en carbono, hidrotalcitas, zeolitas, soportes magnéticos, MOFs, etc. Métodos de preparación.
- Caracterización de catalizadores heterogéneos.
- Reactividad y aplicaciones: hidrogenación, oxidación, proceso Fischer-Tropsch, proceso Syn-Gas, síntesis orgánica y química fina, catálisis ácida (zeolitas), procesos industriales.

Tema 6. Catálisis con nanopartículas

- Métodos de síntesis y caracterización de nanopartículas. Estabilización.
- Conceptos generales en nanocatálisis: efecto del tamaño y de la forma, efecto del ligando, cooperación ligando/estabilizante-metal, cooperación nanopartícula-soporte.
- Aplicaciones catalíticas de nanopartículas coloidales y soportadas.
- Procesos catalíticos mediados por otros nanocatalizadores.

BLOQUE 4. NUEVAS FRONTERAS EN CATÁLISIS.**Tema 7. Fotocatálisis**

- Principios fundamentales.
- Materiales para fotocatálisis: compuestos de coordinación, semiconductores, Quantum-Dots, fotocatalizadores plasmónicos.
- Procesos fotocatalíticos: fotodegradación de contaminantes, fotosíntesis artificial (fotorreducción de CO₂), water-splitting, otros procesos fotocatalíticos.

Tema 8. Electrocatálisis

- Conceptos básicos.
- Materiales para electrocatálisis.
- Electrocatálisis: electrorreducción de CO₂, water splitting, otras transformaciones electrocatalíticas.
-

Actividades Complementarias (opcional):

- Organización de un minisimposio.
- Exposición de trabajos.
- Visitas a empresas y centros de interés.
- Talleres prácticos de corta duración.
 1. Degradación fotocatalítica de colorantes en agua mediada por nanopartículas de TiO₂.
 2. Cinética Química: Influencia de la temperatura y el catalizador en un proceso químico: Cicloadición de azidas y alquinos catalizada por Cu(I) (CuAAC).
- Actividades prácticas de aula.

5. RESULTADOS DE APRENDIZAJE**Conocimientos y contenidos**

RA1	Valorar y comprender el impacto de diferentes características en la eficacia y aplicabilidad de materiales en diversos ámbitos científicos, tecnológicos e industriales, en base a sus propiedades químico-físicas.
RA2	Conocer las ventajas y desventajas de diferentes materiales utilizados en distintos ámbitos científicos, tecnológicos y/o industriales.

Destrezas y habilidades

RA13	Clasificar materiales como funcionales o estructurales según sus propiedades y características distintivas.
RA14	Analizar la idoneidad de rutas de síntesis, funcionalización y modificación química de materiales, evaluando sus propiedades estructurales y funcionales.
RA15	Discutir y diseñar metodologías para la recuperación, reciclado y reutilización de materiales.

Competencias

RA23	Diseñar soluciones innovadoras que optimicen la funcionalidad, eficiencia y sostenibilidad de los materiales en diversas aplicaciones.
RA24	Analizar conceptos avanzados de química relacionados con la síntesis, caracterización y aplicación de materiales.
RA25	Evaluar y gestionar eficazmente bibliografía, información científica, bases de datos y software tanto en castellano como en inglés.
RA26	Aplicar principios de sostenibilidad en la selección y uso de materiales, considerando su impacto ambiental, eficiencia de recursos y normativas vigentes.

6. HORAS DE TRABAJO Y DISTRIBUCIÓN POR ACTIVIDAD

Actividad	Presencial (horas)	Trabajo autónomo	Créditos (ECTS)
Clases teóricas	35	70	4,2
Seminarios	5	7	0,5
Preparación de exámenes	2	6	0,3
Total	42	83	5

7. METODOLOGÍA

La práctica docente se desarrollará principalmente a través de clases teóricas y seminarios/tutorías (4,2 créditos ECTS), donde se explicarán los contenidos teóricos de la asignatura. Las clases de teoría estarán dirigidas a explicar al alumnado una serie de conceptos generales que deberán desarrollar con ayuda de la bibliografía adecuada. Las clases de seminarios/tutorías estarán encaminadas a que el alumnado pueda realizar ejercicios prácticos o profundizar sobre los contenidos teóricos de la asignatura. Adicionalmente, los estudiantes realizarán una serie de actividades complementarias de carácter variado, como la realización de un trabajo y su defensa; la organización de un minisimposio con la elaboración de pósteres y sesiones de defensa; la elaboración de videos sobre temas de actualidad relacionados con la catálisis; experiencias sencillas de laboratorio o de aula; y visitas a centros de interés, entre otros. De forma opcional, en cada curso se elegirán estas u otras actividades que sean relevantes para la consecución de los objetivos planteados en la asignatura. Todas estas actividades junto con los seminarios/tutorías servirán para conocer las capacidades del alumnado en la adquisición de conocimientos y competencias de la materia. Además, los estudiantes asistirán a conferencias y seminarios recomendados por la Comisión de Coordinación del Máster. Estas actividades, junto con los exámenes orales o escritos, supondrán 0,8 ECTS.

8. BIBLIOGRAFÍA

Además del material que por parte del profesor se pondrá a disposición del alumno, se recomiendan los siguientes libros:

Bibliografía Básica

- A. Bern, T. Seidensticker, D. Vogt. "Applied homogeneous catalysis. A tool for sustainable Chemistry". 2nd Ed. Wiley-VCH, 2025.
- Astruc, D.: "Organometallic Chemistry and Catalysis", Springer, Heidelberg, 2007.
- Van Leeuwen, P.W.N.M.: "Homogeneous Catalysis: Understanding the Art", Kluwer, Dordrecht, 2004.
- Michael Bowker: "The basis and applications of heterogeneous catalysis", Oxford University Press, 1998.
- Nørskov, J.K., et al.: "Fundamental Concepts in Heterogeneous Catalysis", John Wiley & Sons, 2014.
- G.C. Bond: "Heterogeneous Catalysis. Principles and applications", 2nd edition. Oxford University Press, New York, 1987.
- Brian Wardle: "Principles and Applications of Photochemistry" Wiley-VCH, 2009.

- Philippot, K.; Roucoux, A. (Eds.): “Nanoparticles in Catalysis: Advances in Synthesis and Applications”, Wiley-VCH, 2021.
- Kobayashi, S. (Ed): “Nanoparticles in Catalysis”, Springer, 2020.
- Carlos Fernando Zinola: “Electrocatalysis: computational, experimental, and industrial aspects”, Honoken, CRC Press, 2010.
- Alonso-Vante, N., Roldan, C.A.C., Huerta, R.D.G.G., Sanchez, G.R., & Robledo, A.M: “Fundamentals of electrocatalyst materials and interfacial characterization: Energy producing devices and environmental protection”, John Wiley & Sons, 2019.

Bibliografía Complementaria

- Elschenbroich, Ch.: “Organometallics”, 3rd ed., VCH Publishers, Nueva York, 2006.
- Behr, Arno and Peter Neubert: "Applied homogeneous catalysis". Wiley-VCH, 2012.
- Janssen F.J.J.G.; van Santen R.A. (Eds.): “Environmental Catalysis”, Imperial College Press, 1999.
- Schiavello, M. (Ed): “Heterogeneous Photocatalysis”, Wiley, 1997.
- Jackson, S.D.; Hargreaves, J.S.J. (Eds.): “Metal Oxide Catalysis”, Wiley-VCH, 2009.
- Rothenberg, G. (Ed.): “Catalysis. Concepts and Green Applications”, Wiley-VCH, 2008.
- Viswanathan, B.; Kannan, S.; Deka, R.C. (Eds.): “Catalysts and Surfaces. Characterization techniques”, Alpha Science International Ltd., 2010.
- Tao, F., et al: “Heterogeneous Catalysis at Nanoscale for Energy Applications”, John Wiley & Sons, Incorporated, 2014.
- Shū, K. (Ed). “Nanoparticles in Catalysis”, Cham, Switzerland, Springer; 2020.
- Suib SL (Ed.): “New and Future Developments in Catalysis: Catalysis by Nanoparticles”, Amsterdam, Elsevier; 2013.
- Vincenzo Balzani, Paola Ceroni, Alberto Juris: “Photochemistry and Photophysics: Concepts, Research, Applications”, Wiley-VCH, 2014.
- Jean-Michel Savéant, Cyrille Costentin: “Elements of Molecular and Biomolecular Electrochemistry: An Electrochemical Approach to Electron Transfer Chemistry”, John Wiley & Sons Inc. 2019.
- Alkire, R.C.; Kolb, D.M.; Lipkowsky, J: “Electrocatalysis: Theoretical Foundations and Model Experiments, Advances in Electrochemical Sciences and Engineering”, Wiley, Hoboken, 2013.

9. EVALUACIÓN

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

❖ EXAMEN ESCRITO: 60%

Se realizará una evaluación de la asignatura mediante un examen final. Al comienzo del curso se informará de la fecha de dicho examen tanto en la convocatoria ordinaria como en la extraordinaria. Será necesario obtener una puntuación mínima de 4,0 de media en el examen, en ambas convocatorias de la asignatura.

❖ TRABAJO PERSONAL Y PARTICIPACIÓN EN ACTIVIDADES DIRIGIDAS: 40%

Se valorará la asistencia, capacidad, actitud y destreza que demuestre el estudiante en las actividades planteadas, ya sean individuales o grupales, así como su trabajo autónomo y específico. Dichas actividades pueden incluir seminarios, tutorías, realización y exposición de trabajos, visitas a empresas y centros de interés, talleres prácticos de laboratorio, actividades prácticas de aula, organización de un minisimposio, elaboración de videos, etc. La elección de actividades específicas quedará sujeta a la organización individual de cada curso.

Las calificaciones de cada apartado estarán basadas en la puntuación absoluta sobre 10 puntos y de acuerdo con la escala establecida en el RD 1125/2003. La calificación final resultará de la media ponderada de las actividades evaluables. No obstante, para superar la asignatura será necesario alcanzar la nota mínima establecida en cada una de ellas. En caso de no cumplirse este requisito, la calificación final será la media ponderada obtenida, con un máximo de 4,5 sobre 10. Además, para poder acceder a la evaluación final en la convocatoria ordinaria será necesario que el estudiante haya participado al menos en el 70 % del total de las actividades presenciales.

En la medida de lo posible se respetará el plazo mínimo de siete días entre la publicación de las calificaciones y la fecha del examen final de la asignatura.