

Curso
2026/2027

Guía Docente:

MATERIALES PARA ÓPTICA, FOTÓNICA Y FOTOQUÍMICA



FACULTAD DE
CIENCIAS QUÍMICAS

1. IDENTIFICACIÓN

Titulación	Máster en Química de Materiales para el Futuro	Código	610599
Asignatura	Materiales para óptica, fotónica y fotoquímica	ECTS	5
Materia	Aplicaciones de Materiales		
Módulo	Aplicaciones de Materiales		
Carácter	Optativo	Semestre	Primero
Departamento responsable	Química Analítica (QA) Química Física (QF) Química Inorgánica (QI) Química Orgánica (QO)		

Profesores/as responsables

Actividad	Profesor/a	Email	Despacho	Departamento
Coordinadora de la asignatura	Ana Belén Descalzo López	abdescal@ucm.es	QB-331B	QO
Actividad	Profesor/a	Email	Despacho	Departamento
Teoría Seminarios	Melisa del Barrio Redondo	melisdel@ucm.es	QB-433	QA
Teoría Seminarios Prácticas	Niccolò Caselli	ncaselli@ucm.es	QB-253	QF
Teoría Seminarios Prácticas	M ^a José Mayoral Muñoz	mj.mayoral@ucm.es	QA-225	QI
Teoría Seminarios	Miguel Tinoco Rivas	mitinoco@ucm.es	QA-109-A	QI
Teoría Seminarios	Ana Belén Descalzo López	abdescal@ucm.es	QB-331B	QO

2. OBJETIVOS

1. Comprender los principios fundamentales de la luminiscencia (fluorescencia y fosforescencia), incluyendo los fenómenos de activación/desactivación y su aplicación en dispositivos fotónicos.
2. Adquirir conocimientos sobre la óptica no lineal y su importancia en la generación y manipulación de luz, así como en la tecnología láser.
3. Analizar en detalle la fotoquímica, incluyendo las reacciones de transferencia de energía y las aplicaciones de la fotoquímica en la síntesis de compuestos fotoactivos.
4. Estudiar los diversos tipos de emisores de luz, desde emisores moleculares y supramoleculares hasta nanopartículas y nanomateriales 2D, comprendiendo sus propiedades y aplicaciones en dispositivos ópticos.

5. Explorar los materiales utilizados en dispositivos optoelectrónicos, incluyendo polímeros ópticos y diodos emisores de luz (LEDs y OLEDs).
6. Comprender el papel crucial de los cristales líquidos en la tecnología moderna, desde las pantallas LCD hasta dispositivos avanzados de realidad aumentada y virtual, así como en la protección frente a la luz.
7. Introducir los fundamentos de los sensores y biosensores químicos ópticos, así como sus aplicaciones más relevantes, y adquirir los conocimientos relativos a los diferentes elementos de reconocimiento, los métodos de inmovilización y principios de medida.

3. CONTEXTUALIZACIÓN EN EL MÁSTER

La asignatura se oferta como una optativa del primer semestre, dentro del conjunto de asignaturas que constituyen el módulo Aplicaciones de Materiales.

La asignatura ofrecerá una base sólida en los fundamentos de óptica, fotónica y fotoquímica, allanando el camino para explorar una amplia gama de materiales ópticos como emisores moleculares, cristales líquidos, cristales fotónicos, nanosensores y biosensores. Se enfocará en la aplicabilidad de estos materiales para el desarrollo de tecnologías actuales y futuras. A lo largo del curso, se profundizará en la estructura y propiedades de estos materiales, así como en los procesos de fabricación de dispositivos fotónicos. Esto permitirá que el estudiantado adquiera una sólida y completa formación en áreas como la óptica, fotoquímica, ciencia de materiales, optoelectrónica y biotecnología, que le permita enfrentarse a desafíos y aprovechar oportunidades en una amplia gama de aplicaciones actuales.

4. CONTENIDOS

Conocimientos básicos

Fenómenos de activación/desactivación. Óptica no lineal. Fotoquímica. Láseres. Emisores moleculares, supramoleculares y macromoleculares. Nanopartículas y puntos cuánticos. Nanomateriales 2D semiconductores. Materiales para dispositivos optoelectrónicos. Cristales líquidos en dispositivos de realidad aumentada. Materiales para dispositivos electrocrómicos y fotocromicos. Cristales fotónicos coloidales y poliméricos. Metamateriales reconfigurables y programables. Plasmones. Nanopartículas metálicas para detección de señales ópticas. Sensores y biosensores.

Contenidos generales

Los contenidos que se tratarán son los siguientes:

1. Fundamentos de la Óptica y la Fotoquímica.
2. Emisores de luz y nanomateriales.
3. Materiales para dispositivos optoelectrónicos.
4. Cristales líquidos y dispositivos optoelectrónicos.
5. Nanoplasmónica y sensores ópticos.

Programa

Tema 1. Fundamentos

Fenómenos de activación y desactivación de la luminiscencia. Fluorescencia retardada activada térmicamente. Óptica no lineal. Emisión estimulada. Fotoquímica: desactivación de estados excitados por transferencia de energía, electrónica y protónica. Fotosensibilización. Fotocatálisis. Estructuras químicas representativas de compuestos fotoactivos.

Tema 2. Emisores de luz

Emisores moleculares y supramoleculares. Emisores macromoleculares. Nanopartículas basadas en tierras raras y el fenómeno de *upconversion*. Puntos cuánticos de semiconductor (*quantum dots*). Emisores cero-, uni- y bi-dimensionales basados en el carbono (*carbon dots*, grafeno, nanotubos de carbono). Nanomateriales 2D semiconductores y materiales de Van der Waals.

Tema 3. Materiales para dispositivos optoelectrónicos

Vidrios y polímeros ópticos. Fabricación de dispositivos optoelectrónicos: CVD, MOCVD, MBE y litografía. Diodos emisores de luz. Pantallas LED, OLED y de tinta electrónica. Fotodiodos, cámaras CCDs y sensores CMOS. Láseres.

Tema 4. Nanoplasmónica

Nanopartículas metálicas: resonancia de plasmones superficiales localizados. Modificación de las propiedades ópticas mediante el control del tamaño y la forma de las nanopartículas. Síntesis por métodos coloidales. Clústeres coloidales de nanopartículas plasmónicas. Uso de nanopartículas metálicas en la amplificación y detección de señales ópticas.

Tema 5. Cristales líquidos

Fundamentos de los cristales líquidos. Cristales líquidos termotrópicos. Metalomesógenos. Nanocomposites de cristal líquido. El papel de los cristales líquidos en el desarrollo de diodos emisores de luz: LCDs, LEDs, OLEDs. Dispositivos avanzados para realidad aumentada y realidad virtual. Mecanismos de protección frente a la luz: ventanas inteligentes, materiales electrocrómicos, dispositivos fotocromáticos.

Tema 6. Cristales fotónicos y metamateriales

Cristales fotónicos coloidales y poliméricos. Concepto de *stopband*. Síntesis por autoensamblaje, crecimiento epitaxial, depósito químico en fase vapor. Fibra óptica de cristales fotónicos. Cristales fotónicos basados en cristales líquidos. Micro y nanoresonadores ópticos: cavidades fotónicas, microdiscos y toroides. Metamateriales reconfigurables y programables.

Tema 7. Sensores y biosensores químicos ópticos

Fundamento de los sensores basados en materiales fotónicos; definición, clasificación, tipos. Elementos de reconocimiento molecular (químicos, biológicos y biomiméticos). Estrategias de conjugación/inmovilización de elementos de reconocimiento sobre superficies de materiales fotónicos. Principios de medida con sensores y biosensores basados en materiales fotónicos. Plataformas sensoras basadas en materiales fotónicos. Algunas aplicaciones para el análisis de alimentos, medioambiental, industrial y clínico.

Prácticas

Práctica I: Síntesis y caracterización óptica de nanopartículas de oro

Práctica II: Caracterización y estudio de cristales líquidos

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, sobre la base de 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 <i>software</i> , tanto en español 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	27	48	3
Seminarios	6	18	0,6
Laboratorios	7	5	0,64
Preparación de exámenes	4	10	0,76
Total	44	81	5

7. METODOLOGÍA

La práctica docente seguirá una metodología mixta basada en el aprendizaje cooperativo, el aprendizaje colaborativo y el autoaprendizaje. Esta metodología se desarrollará mediante clases teóricas (3,0 créditos ECTS) y seminarios (0,6 créditos ECTS), a través de los cuales se explicarán los fundamentos de óptica, fotónica y fotoquímica, y se abordará el estudio de diferentes tipos de materiales y de su aplicabilidad en las tecnologías actuales y futuras. El alumnado tendrá a su disposición, a través del campus virtual, material docente de apoyo, así como bibliografía adecuada que le permita profundizar en los contenidos de la asignatura. El alumnado deberá asistir también a las sesiones prácticas de laboratorio contempladas en el programa de la asignatura, y elaborar un informe de cada una de las prácticas realizadas (0,64 créditos ECTS). Además, los/as estudiantes tendrán que llevar resolver trabajos o problemas propuestos por el profesorado, junto con el examen escrito.

8. BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía general

- “Principles of fluorescence spectroscopy” J. R. Lakowicz, Springer (Third Edition, 2006). Disponible en *E-book*.
- “*Applied photochemistry: when light meets molecules*” G. Bergamini, S. Silvi. Springer (First edition, 2016).
- F. Baldini, A.N. Chester, J. Homola, S. Martellucci. *Optical Chemical Sensors*, Springer (2006)
- “*Photonic materials for sensing, biosensing and display devices*” M. J. Serpe, Y. Kang, Q. M. Zhang. Springer (2016).
- “*Optical and electrical properties of nanoscale materials*” A. Diebold, T. Hofmann. Springer (2021).
- “*Liquid crystals beyond displays*” Q. Li. Wiley-VCH (2012).

Bibliografía específica

- “*Carbon quantum dots for sustainable energy and optoelectronics*” S. K. Batabyal, B. Pradhan, K. Mohanta, R. R. Bhattacharjee, A. Banerjee. Elsevier (2023)
- “*Carbon nanotubes and graphene for photonic applications*” S. Yamashita, Y. Saito, J. H. Choi. Woodhead Publishing Limited (First Edition, 2013)
- “*Chemistry of discotic liquid crystals*” S. Kumar. CRC Press (First Edition, 2011)
- “*Colloidal synthesis of Plasmonic Nanomaterials*” Edited by Luis Liz-Marzán, Jenny Stanford Publishing, <https://doi.org/10.1201/9780429295188> (2020).
- “*2D Materials for photonic and optoelectronic applications*” Q. Bao, H. Y. Hoh. Elsevier (2020)
- “*Nanophotonic materials: photonic crystals, plasmonics and metamaterials*” R. B. Wehrspohn, H.-S. Kitzerow, K. Busch. Wiley-VCH (2008)
- F. S. Ligler & C. R. Taitt, *Optical Biosensors*, 2nd Edition, Ed. Elsevier (2008)



9. EVALUACIÓN

El rendimiento académico de los/las estudiantes se computará atendiendo a la calificación del examen final escrito, la participación en las sesiones de laboratorio y el trabajo personal realizado de forma individualizada, de acuerdo con los siguientes porcentajes:

❖ **EXAMEN ESCRITO: 60 %**

Se evaluarán los conocimientos (teóricos y prácticos) adquiridos por el/la estudiante.

❖ **LABORATORIO: 20 %**

Se evaluará la destreza y el trabajo personal de los/las estudiantes en el laboratorio, así como la realización del correspondiente informe o memoria de laboratorio.

❖ **TRABAJO PERSONAL: 20 %**

Se evaluará el trabajo individual y la capacidad de resolución de los diferentes ejercicios y problemas planteados por el profesorado.

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 una nota mínima de 4 sobre 10 en el examen escrito. 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.

Los/las estudiantes que no alcancen la calificación mínima establecida en el examen escrito de la convocatoria ordinaria deberán realizar, en la convocatoria extraordinaria, un nuevo examen. La calificación final de la convocatoria extraordinaria se registrará por los mismos criterios de evaluación aplicados en la convocatoria ordinaria.