



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

Guía docente

NANOQUÍMICA

Código: 605221

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
CURSO 2024-2025

Nombre de la asignatura (Subject name)

Nanoquímica
Nanochemistry

Duración

Primer semestre

Créditos ECTS /Carácter

6 / Obligatoria en Materias 2.1 y 2.4
6 / Optativa en Materia 2.2

Contenidos básicos (Subject knowledge)

Propiedades físicas en la nanoescala. Nanociencia e interfases. Coloides. Modelado y simulación. Caracterización: Métodos de dispersión, técnicas espectroscópicas, termodinámicas, de relajación y electroquímicas. Autoasociación molecular. Sistemas biológicos nanoestructurados.

The physical properties at the nanoscale. Nanoscience and interfaces. Colloids. Modeling and computer simulation. Characterization methods: Scattering, spectroscopy, thermodynamic, relaxation and electrochemical. Molecular self-association. Nanostructured biological systems.

Profesores y ubicación

Profesor	Eduardo Guzmán Solís
Departamento	Química Física
Despacho	QB-212C
Correo electrónico	eguzmans@ucm.es

Profesor	Elena Junquera González
Departamento	Química Física
Despacho	QB-250
Correo electrónico	junquera@ucm.es

Objetivos y competencias (*Abilities and Skills*)

OBJETIVOS

- 1.- Proporcionar una base sólida y equilibrada de conocimientos que no se han adquirido en el Grado en Química. Si los estudiantes proceden de otros estudios de grado el máster les permitirá desarrollar las destrezas y habilidades necesarias para proseguir su formación científica e investigadora.
- 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.- Generar en el estudiante, mediante la educación en ciencia y tecnología químicas, la sensibilidad necesaria para formular juicios, a partir de una información incompleta o limitada, que incluyan reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos.
- 4.- Desarrollar capacidades que le permitan comunicar sus conclusiones, conocimientos y razonamientos tanto a audiencias especializadas como no especializadas de una forma clara y sin ambigüedades.
- 5.- 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.
- 6.- Generar en el estudiante el gusto por la investigación científica

ABILITIES

- 1.- *To give the proper basis of knowledge to study interdisciplinary aspects of nanochemistry.*
- 2.- *To develop theoretical and practical abilities to solve relevant scientific problems in nanochemistry.*
- 3.- *To promote in students, through science and technology education, sensitivity for giving opinions, having an incomplete or limited information, including thoughts on social and ethic liabilities related to the knowledge acquired.*
- 4.- *To develop abilities for communicating their knowledge and conclusions on the nanochemistry.*
- 5.- *To develop learning tools to allow the students an independent formation.*
- 6.- *To encourage the enjoyment of the research in the student.*

COMPETENCIAS GENERALES

- CG1.- Integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de problemas químicos.
- CG2.- Desarrollar habilidades teórico-prácticas para resolver problemas de interés científico y social en el contexto de la Química.
- CG3.- Interpretar y analizar datos complejos en el entorno de la química y la tecnología química.
- 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 para poder resolver problemas en el entorno de los mismos.

- CG6.- Conocer y comprender los fundamentos científicos del mundo de los materiales y sus interrelaciones entre la estructura, propiedades, procesado y aplicaciones.
- CG7.- Correlacionar la composición con la estructura y propiedades de las sustancias.
- CG8.- Aplicar las técnicas de caracterización adecuadas al sistema objeto de estudio.

GENERAL SKILLS

- GS1.- *To integrate knowledge on the nanochemistry and to face up the complexity of questions in the area.*
- GS2.- *To develop capabilities on theory and practice to solve scientific questions in the area of nanochemistry.*
- GS3.- *To analyse complex data in nanochemistry area.*
- GS4.- *To recognize and evaluate the quality of the results by using the appropriate tools.*
- GS5.- *Use and acknowledge the materials technology to solve problems in their own environment.*
- GS6.- *To know and understand the scientific basis of the materials and the relationship between structure, properties, processing and applications.*
- GS7.- *To establish the relationship between materials composition and their structure and properties.*
- GS8.- *To apply the adequate techniques and to distinguish the information given for each of them.*

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE2.- Planificar la experimentación de acuerdo a modelos teóricos o experimentales establecidos.
- CE4.- Desarrollar habilidades teórico-prácticas para la caracterización y análisis de diferentes sustancias químicas y materiales.
- CE5.- Desarrollar habilidades teórico-prácticas para relacionar la estructura con las propiedades de sustancias de diferente complejidad.
- CE8.- Seleccionar y utilizar los distintos procedimientos de obtención de los materiales y nanomateriales.
- CE9.- Discutir e investigar la influencia de la microestructura en las propiedades de los materiales y relacionarla con leyes físicas adecuadas.
- CE10.- Utilizar técnicas de diseño y autoorganización de nanomateriales para preparar nanoestructuras con propiedades de interés tecnológico.

SPECIFIC SKILLS

- SS2.- *To design the research according to theoretical and experimental established models.*
- SS4.- *To develop capabilities on theory and practice for the characterization and analysis of different types of molecules and materials.*
- SS5.- *To develop capabilities on theory and practice to establish relationships between structure and function of molecules.*
- SS8.- *To select and use the procedures to get materials and nanomaterials.*
- SS9.- *To discuss and investigate the influence of microstructure on the properties of materials and its relation with physical laws.*

SS10.- To use the design and autoorganization techniques of nanomaterials in order to prepare nanostructures with interesting properties.

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.
- CT7.- Trabajar con seguridad en laboratorios de investigación.

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.*
- GC7.- To work safely in research laboratories.*

Todo ello se logrará en la asignatura a través de ciertos objetivos específicos relacionados con la temática concreta de la misma, y que se resume en el programa detallado más abajo. La asignatura tiene una característica de conocimiento genérico, y por lo tanto transversal a tres de los cuatro módulos de especialización.

Contextualización en el Máster

La asignatura se oferta dentro del conjunto de asignaturas de especialización, y forma parte de la oferta de tres de los cuatro módulos que constituyen el Máster. En dos de ellos (2.1 y 2.4) la asignatura tiene carácter obligatorio, y en otro (2.2) tiene carácter optativo.

En esta asignatura se contemplan aspectos básicos del comportamiento de la materia a escala de nanómetros, las especificidades a las que la aplicación de las leyes físicas conducen en esa escala, y se describen las técnicas de síntesis y caracterización de los materiales que el químico puede construir con metodologías específicas, así como las estructuras que ciertas moléculas producen de manera espontánea al auto-organizarse. Por último, se aplicarán muchos de estos conceptos y técnicas a la descripción y utilización de sistemas biológicos en un contexto nanotecnológico.

Se trata, por lo tanto, de una asignatura que aborda problemas centrales en la Ciencia del siglo XXI, y que al tener un carácter transversal interesa a diversos módulos de especialización dentro del Máster.

Programa de la asignatura

MÓDULO 1.- Principios básicos y propiedades fundamentales / Basic principles and fundamental properties

1.1.- Introducción

Nanociencia y Nanotecnología: Aproximaciones “de arriba a abajo” y “de abajo a arriba”. Nanoestructuras naturales. Particularidades de las propiedades físicas y químicas en la nanoescala. Nanoquímica. Impacto en biología y medicina.

1.2.- Interacciones entre nanoestructuras / Interaction among nanostructures

Interacciones intermoleculares e intersuperficiales. Potencial DLVO. Estabilidad coloidal. Autoensamblado molecular. Aplicaciones.

1.3.- Herramientas para construir el nanomundo / Tools to build a nanoworld

Necesidad de nueva instrumentación. Síntesis de nanopartículas. Técnicas de fabricación. Técnicas de Langmuir-Blodgett y de ensamblado electrostático. Monocapas autoensambladas. Técnicas de Resonancia de Plasmones. Microscopía de proximidad: AFM, STM Manipulación en la nanoescala.

MÓDULO 2.- Autoasociación molecular y Química supramolecular Molecular self-association and supramolecular chemistry

2.1.- Autoasociación molecular / Molecular self-association

Estructuras autoorganizadas formadas por tensioactivos y lípidos: Micelas, bicapas, liposomas y membranas. Diagramas de fases de sistemas autoasociados. Cristales líquidos liotrópicos. Aplicaciones.

2.2.- Química supramolecular / Supramolecular chemistry

Concepto de Supermolécula. Reconocimiento molecular. Sistemas modelo. Tipos de receptores y sustratos. Aplicaciones.

2.3.- Técnicas de caracterización / Characterization techniques

Técnicas espectroscópicas. Técnicas termodinámicas. Técnicas electroquímicas. Técnicas de relajación. Métodos de dispersión.

MÓDULO 3.- Sistemas biológicos nanoestructurados Nanostructured biological systems.

3.1.- Bionanotecnología / Bionanotechnology

Ensamblaje natural en la nanoescala: Capa-S bacteriana, virus, membranas, fibras de citoesqueleto. Materiales bioinspirados: Biomimética. Aplicaciones.

3.2.- Métodos de caracterización por microscopía óptica / Methods based on optical microscopy

Microscopías de fluorescencia. Microscopía de ultra-resolución. Pinzas ópticas y magnéticas. Técnicas de detección de molécula única.

3.3.- Nanobiotecnología / Nanobiotechnology

Motores moleculares. Biología sintética: reconstitución de sistemas in vitro. Bio-nanoingeniería: protocélulas y células sintéticas. Microfluídica: “lab-on-a-chip” y “organ-on-a-chip”. Aplicaciones.

Tutoría dirigida I: Preparación del Laboratorio I

Tutoría dirigida II: Preparación del Laboratorio II

Tutoría dirigida III: Preparación del Laboratorio III

Laboratorio I: Preparación y caracterización de nanoestructuras.

Laboratorio II: Preparación y caracterización de un sistema autoensamblado.

Laboratorio III: Preparación y caracterización de un sistema biológico artificial.

Metodología y programación docente

La práctica docente se desarrollará a través de clases teóricas (3,40 créditos ECTS) (CG1, CG3, CG5, CG6, CG7, CG8, CE4, CE9, CT3, CT5) y seminarios (0,54 créditos ECTS) (CG1, CG2, CG3, CG4, CG5, CG6, CG7, CG8, CE2, CE4, CE9), donde se explicarán los contenidos de la asignatura, así como tutorías dirigidas (0,24 créditos ECTS) (CG1, CG2, CG3, CG4, CE4, CE9, CT2, CT3, CT4, CT5, CT6, CT7). Además, los alumnos asistirán a conferencias y seminarios recomendados por la Comisión de Coordinación del Máster. Se realizarán prácticas de laboratorio en grupos reducidos de alumnos (0,98 créditos ECTS) (CG1, CG2, CG3, CG4, CG8, CE2, CE4, CE5, CE9, CT1, CT2, CT3, CT4, CT5, CT6, CT7). Los alumnos deberán realizar las sesiones de laboratorio propuestas en el programa de la asignatura. Adicionalmente, todos los alumnos elaborarán un trabajo consistente en el desarrollo de un Miniproyecto cuyo contenido esté basado en una de las prácticas programadas de la asignatura. Cada Miniproyecto consistirá, por tanto, en el diseño, preparación, y realización de una práctica, la discusión de los resultados, la elaboración de una memoria escrita y su exposición y defensa oral en público. A principio de curso se realizará la asignación personalizada de cada Miniproyecto y del correspondiente tutor de entre los profesores de la asignatura. A lo largo del curso se impartirán 3 Tutorías Dirigidas encaminadas a la explicación de las prácticas de laboratorio y el diseño de los Miniproyectos. Estas actividades presenciales, junto con los correspondientes exámenes supondrán 0,84 créditos ECTS (CG1, CT1, CT2, CT3, CT4, CT5, CT6).

Horas de trabajo/créditos de las principales actividades

Actividad	Presencial (h)	Trabajo autónomo (h)	Créditos ECTS
Clases teóricas/Theory classes	28	57	3,40
Seminarios/Seminars	6	7,5	0,54
Tutorías/ Tutorials	3	3	0,24
Laboratorio/ Lab	18	6,5	0,98
Preparación de trabajos y exámenes	7	14	0,84
Total	62	88	6

Resultados del Aprendizaje

Módulo 1

1. Describir los aspectos de las leyes físicas que predominan en el comportamiento de sistemas de dimensiones nanométricas.
2. Definir qué métodos de construcción de nanoestructuras deben elegirse en función de las propiedades deseadas.
3. Explicar las diferentes contribuciones a las interacciones de coloides y nanoestructuras.
4. Describir los métodos de simulación aplicables en Nanociencia.
5. Describir algunos métodos para la síntesis de nanopartículas.
6. Explicar el fenómeno de autoensamblaje, describir los distintos procedimientos disponibles para conseguirlo.
7. Saber seleccionar las técnicas para realizar moldes sobre sustratos duros y blandos

Módulo 2

1. Explicar los fundamentos fisicoquímicos del fenómeno de autoensamblaje, y relacionarlo con las características de las moléculas que constituyen las nanoestructuras.
2. Distinguir entre las diferentes nanoestructuras autoensambladas, elegir las técnicas apropiadas para su caracterización.
3. Describir las propiedades fisicoquímicas de cada tipo de nanoestructura.
4. Saber seleccionar el tipo más apropiado para aplicaciones tecnológicas o biológicas.
5. Conocer los fundamentos de las distintas técnicas experimentales utilizables en la caracterización de nanoestructuras.
6. Saber diseñar los protocolos experimentales más adecuados para cada técnica experimental.
7. Discriminar entre las diferentes técnicas las más adecuadas para el tipo de sistema a caracterizar.

Módulo 3

1. Dominar los fundamentos fisicoquímicos del ensamblaje en los sistemas biológicos a escala molecular y celular, y saber relacionarlos con las características moleculares de algunos sistemas nanoestructurados modelo.
2. Identificar los materiales de síntesis que se pueden obtener a partir de los diferentes tipos de biomoléculas
3. Conocer los principios de funcionamiento de los motores moleculares y las Leyes Físicas que dan lugar al rendimiento de las maquinarias biológicas
4. Reconocer el concepto de Biología Sintética como vía de obtención de sistemas artificiales basados en componentes biológicos y conocer las principales estrategias para la reconstitución de sistemas biológicos in vitro.
5. Predecir el comportamiento y diseñar rutas de obtención de dispositivos de bio-nanoingeniería.

6. Conocer las actuales y potenciales aplicaciones de la nanobiotecnología.

Learning process results

Module 1

1. To describe the contributions of the Physical Laws that dominate the behavior of nanosystems.
2. To define which are the most appropriate methods for building nanostructures with given properties.
3. To explain the different contributions of the interaction forces between colloids and nanostructures.
4. To describe the simulation methods that can be used in Nanoscience.
5. To describe methods for nanoparticle synthesis.
6. To explain self-assembly, and to describe the methods for self-assembling.
7. To be able to select the most appropriate techniques for making patterns on hard and soft substrates.

Module 2

1. To explain the physico-chemical basis of self-assembly, and to relate it with the structure and characteristics of the molecules to be used for building the nanostructures.
2. To know the characteristics of the different self-assembled nanostructures, and to be able to choose the techniques useful for their characterization.
3. To describe the physico-chemical properties of every type of nanostructure.
4. To be able to choose the most appropriate nanostructure for technological or biological applications.
5. To know the physical concepts under the experimental techniques that can be used for characterizing nanostructures.
6. To know how to design the most adequate experimental procedures for a given experimental technique.
7. To be able to choose the most appropriate techniques for characterizing a given system.

Module 3

1. To know the physicochemical basis of self-assembling in biological systems, both at the molecular and cellular levels and how they are related with the molecular characteristics of some model nanostructured systems.
2. To identify the synthetic materials that can be obtained from different types of biomolecules.
3. To know the main concepts related to molecular motors and the Physical Laws of performance of biological devices.
4. To recognize the concept of Synthetic Biology as the main methodology to build artificial systems based on biological components. To know the main strategies for the “in vitro” reconstitution of biological systems.
5. To predict the behavior of devices based on bio-nanoengineering and to design protocols for build them.

6. To know both current and potential future applications of nanobiotechnology.

Evaluación del aprendizaje

El rendimiento académico del estudiante se computará atendiendo a la calificación del examen final escrito, la evaluación de un Miniproyecto realizado de forma individualizada, así como su asistencia y participación en las actividades presenciales de acuerdo a los siguientes porcentajes:

1. Examen escrito (40%): Correspondiente a los contenidos teóricos y prácticos de la asignatura.

Se evaluarán las siguientes competencias: CG1, CG2, CG3, CG4, CG5, CG6, CG7, CG8, CE4, CE5, CE9, CT3, CT4, CT6

2. Miniproyecto (50%): La calificación final se calculará considerando la calificación obtenida en la parte correspondiente al trabajo personal (50%), que incluye la actividad práctica en el laboratorio y la redacción de la correspondiente memoria, junto con la calificación obtenida en la presentación oral y la defensa de los resultados del Miniproyecto (50%).

Se evaluarán las siguientes competencias: CG1, CG2, CG3, CG4, CG8, CE2, CE4, CE5, CE9, CT1, CT2, CT3, CT4, CT5, CT6, CT7.

3. Asistencia y actitud participativa en las actividades presenciales (10%), incluyendo las clases de teoría, seminarios, tutorías dirigidas y las sesiones de laboratorio. En todas las actividades podrá requerirse la realización de ejercicios entregables por escrito.

Se evaluarán las siguientes competencias: CG1, CT1, CT2, CT3, CT4, CT5, CT6.

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. Para que la calificación de cada una de las actividades evaluables sea computable en la evaluación global, se requerirá una calificación mínima de 4/10 en ellas. Además, el alumno deberá haber participado, al menos, en el 70% de las actividades presenciales, para poder optar a la evaluación en la convocatoria ordinaria.

Idioma o idiomas en que se imparte

Español

Bibliografía y recursos complementarios

- Nanochemistry. G.B. Sergeev, K.J. Klabunde. Elsevier, 2nd Ed., Amsterdam, 2013.
- Introduction to Nanoscience. G.L. Hornyak, J. Dutta, H.F. Tibbals, A.K. Rao. CRC Press, New York, 2008.
- The Colloidal Domain: Where Physics, Chemistry and Biology meet. 2nd Ed., D. Fennell Evans, H. Wennerström, Wiley-VCH, New York, 1999.

- Nanochemistry, G.A. Ozin, A.C. Arsenault., L. Cademartiri RSC Pub., 2nd Ed., Cambridge, 2009
- Foundations for Nanoscience and Nanotechnology. N.O. Petersen. CRC Press, New York, 2017.
- Introduction to Soft Matter. I.W. Hamley, Wiley, Chichester, 2002.
- Concepts of Nanochemistry, L. Cademartiri, G.A. Ozin, J. Wiley & Sons, New York, 2009.
- Soft Machines. Nanotechnology and Life. R.A.L. Jones, Oxford Univ. Press, Oxford, 2004.
- Intermolecular and Surface Forces. J.N. Israelachvili. Academic Press, 3rd Ed., San Diego, 2011.
- Plenty of Room for Biology at the Bottom. An Introduction to Bionanotechnology. E. Gazit. Imperial College Press, London, 2007.
- Supramolecular Chemistry: Concepts and Perspectives, J-M. Lehn, J. Wiley & Sons, New York, 1995.
- Biotechnology: Concepts and Applications. M. Sharon, M. Sharon, S. Pandley, G. Oza. CRC Press, New York, 2012.
- Nanomedicine: A Soft Matter Perspective. D. Pan. CRC Press, New York, 2015.
- The Nanobiotechnology Handbook. Y. Xie. CRC Press, Boca Raton, 2017.
- Bionanotechnology: Principles and Applications, A. Kumar, CRC Press, 2018.