Guía docente de la asignatura

Propiedades Físicas de la Materia. Efectos de Escala (M44/56/3/13)

Fecha de aprobación por la Comisión Académica: 02/07/2025

Máster	Máster Universitario en Física: Radiaciones, Nanotecnología, Partículas y Astrofísica
MÓDULO	Nanotecnología: Física y Aplicaciones
RAMA	Ciencias
CENTRO RESPONSABLE DEL TÍTULO	Escuela Internacional de Posgrado

Semestre	Primero	**Créditos**	6	**Tipo**	Optativa	**Tipo de enseñanza**	Presencial

PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES

Conocimientos básicos de física estadística, óptica y física del estado sólido.

BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (Según memoria de verificación del Máster)

- Propiedades mecánicas de los materiales a escala nanométrica.
- Propiedades eléctricas y magnéticas de los nanomateriales.
- Nanoestructuras. Tipos de sistemas (partículas, hilos, tubos, superficies) que pueden presentar dimensiones nanométricas.
- Técnicas específicas de caracterización: dispersión estática y dinámica de luz, microscopía de fuerza atómica, pinzas ópticas.

COMPETENCIAS

COMPETENCIAS BÁSICAS

- CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/
Código seguro de verificación (CSV): 5840A22EE330F0CC1D57A777DF58C5F2
06/05/2026 - 11:02
Pág. 1 de 8

investigación.
- CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.
- CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.
- CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.
- CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

COMPETENCIAS GENERALES

- CG03 - Capacidad de trabajo en equipo. El estudiante deberá integrar su trabajo en el interés de un proyecto común.
- CG04 - Capacidad de expresar y defender en público los resultados y conclusiones obtenidos como resultado del proceso de aprendizaje. Deberá desarrollar y dominar las técnicas de comunicación oral ante cualquier auditorio. Aprender a utilizar sus potencialidades personales para presentar resultados públicamente. Adquisición del convencimiento de que su conocimiento del trabajo realizado le convierte de inmediato en foco de interés y atención.
- CG05 - Capacidad de generación de propuestas innovadoras y competitivas en la investigación y en la actividad profesional.

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE01 - Capacidad de interpretar datos procedentes de la observación experimental o la simulación numérica.
- CE02 - Capacidad de considerar rigurosamente las limitaciones e incertidumbres en los resultados y de los métodos que pueden aplicarse para minimizarlas.
- CE03 - Capacidad de profundizar en los distintos campos de la Física y de identificar los aspectos que se encuentran en los límites del conocimiento.
- CE04 - Capacidad de formular hipótesis, idear experimentos, manejar métodos de cálculo y simulación numérica y desarrollar modelos.

COMPETENCIAS TRANSVERSALES

- CT01 - Capacidad de razonamiento crítico: el estudiante debe ser capaz de distinguir aquellos aspectos de su trabajo o del de otros que suponen innovación y avance.
- CT02 - Compromiso ético. Tanto en su etapa de alumno como posteriormente en su trabajo profesional, el estudiante debe ser consciente de la absoluta necesidad de realizar sus tareas con absoluto respeto a la honradez, la verdad y el servicio a la sociedad.
- CT03 - Capacidad de automotivación. Forma parte de la madurez que debe alcanzarse en el proceso formativo a estos niveles: las dificultades han de enfrentarse con decisión y confianza.
- CT04 - Capacidad de reconocimiento de la diversidad y multiculturalidad. Forma parte de la actitud vital que se supone al graduado: su conciencia social ha de guiar aquellos aspectos de su profesión que involucren a otros miembros de la comunidad.

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 06/05/2026 - 11:02
Código seguro de verificación (CSV): 5840A22EE330F0CC1D57A777DF58C5F2 Pág. 2 de 8

COMPETENCIAS

COMPETENCIAS BÁSICAS

- CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.
- CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.
- CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.
- CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.
- CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

COMPETENCIAS GENERALES

- CG03 - Capacidad de trabajo en equipo. El estudiante deberá integrar su trabajo en el interés de un proyecto común.
- CG04 - Capacidad de expresar y defender en público los resultados y conclusiones obtenidos como resultado del proceso de aprendizaje. Deberá desarrollar y dominar las técnicas de comunicación oral ante cualquier auditorio. Aprender a utilizar sus potencialidades personales para presentar resultados públicamente. Adquisición del convencimiento de que su conocimiento del trabajo realizado le convierte de inmediato en foco de interés y atención.
- CG05 - Capacidad de generación de propuestas innovadoras y competitivas en la investigación y en la actividad profesional.

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE01 - Capacidad de interpretar datos procedentes de la observación experimental o la simulación numérica.
- CE02 - Capacidad de considerar rigurosamente las limitaciones e incertidumbres en los resultados y de los métodos que pueden aplicarse para minimizarlas.
- CE03 - Capacidad de profundizar en los distintos campos de la Física y de identificar los aspectos que se encuentran en los límites del conocimiento.
- CE04 - Capacidad de formular hipótesis, idear experimentos, manejar métodos de cálculo y simulación numérica y desarrollar modelos.

COMPETENCIAS TRANSVERSALES

- CT01 - Capacidad de razonamiento crítico: el estudiante debe ser capaz de distinguir aquellos aspectos de su trabajo o del de otros que suponen innovación y avance.
- CT02 - Compromiso ético. Tanto en su etapa de alumno como posteriormente en su trabajo profesional, el estudiante debe ser consciente de la absoluta necesidad de realizar

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/
Código seguro de verificación (CSV): 5840A22EE330F0CC1D57A777DF58C5F2
06/05/2026 - 11:02
Pág. 3 de 8

sus tareas con absoluto respeto a la honradez, la verdad y el servicio a la sociedad.
- CT03 - Capacidad de automotivación. Forma parte de la madurez que debe alcanzarse en el proceso formativo a estos niveles: las dificultades han de enfrentarse con decisión y confianza.
- CT04 - Capacidad de reconocimiento de la diversidad y multiculturalidad. Forma parte de la actitud vital que se supone al graduado: su conciencia social ha de guiar aquellos aspectos de su profesión que involucren a otros miembros de la comunidad.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE (Objetivos)

Esta asignatura permitirá iniciar tareas de investigación con materiales de tamaño nanométrico. Tres son los aspectos básicos del aprendizaje de esta materia:

i) comprensión del efecto de la escala sobre las propiedades de los materiales;

ii) métodos de caracterización y manipulación de los mismos;

iii) comprensión sobre cómo se estructuran y cómo es la dinámica de los materiales en la nanoescala.

PROGRAMA DE CONTENIDOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS

TEÓRICO

- Tema 1. INTRODUCCIÓN

Nanomateriales. Clasificación. Ensamblaje y autoensamblaje

- Tema 2. MEDIO LÍQUIDO: ESTRUCTURA Y DINÁMICA

Repaso de física estadística e introducción a los procesos estocásticos. Teoría de líquidos: Estructuras en sistemas dispersos (función de distribución radial y factor de estructura) y Dinámica Browniana. Métodos de simulación: Dinámica Molecular y Monte Carlo."

- Tema 3. PROPIEDADES ELECTROMAGNÉTICAS DE LOS MATERIALES A ESCALA NANOMÉTRICA

Generalidades. Mecanismos de polarización eléctrica y magnética de los materiales. Nanoóptica y plasmónica. Efectos cuánticos: conducción balística y efecto túnel. Magnetismo a escala nanométrica. Superparamagnetismo. Efectos de superficie.

- Tema 4. TÉCNICAS DE MANIPULACIÓN: PINZAS ÓPTICAS Y TRAMPAS ELECTRODINÁMICAS

Movimiento Browniano de partículas atrapadas. Pinza óptica. Trampas de Paul. Trampas electrostáticas. Trampas activas.

- Tema 5. DISPERSIÓN DE LUZ POR PARTÍCULAS COLOIDALES

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 06/05/2026 - 11:02
Código seguro de verificación (CSV): 5840A22EE330F0CC1D57A777DF58C5F2 Pág. 4 de 8

Introducción: técnicas accesibles. Scattering de radiación visible por una partícula coloidal. Dispersión estática de luz (SLS). Regímenes de dispersión. Factor de forma de una nanopartícula. Dispersión dinámica de luz (DLS). Función de correlación. Medida de forma y tamaño de una nanopartícula en medios líquidos. Scattering múltiple. Función de correlación cruzada. Espectroscopia de onda difusa (DWS). Trabajo de laboratorio usando las técnicas SLS, DLS y DWS.

PRÁCTICO

PRÁCTICAS CON SISTEMA DE PINZAS ÓPTICAS Y LEVITACIÓN EN TRAMPAS ELECTRODINÁMICAS

Estudio de las capacidades de manipulación de nanopartículas en suspensión con un sistema de pinzas ópticas y levitación con una trampa electrodinámica

DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL BASADA EN SCATTERING

Scattering de radiación por los sistemas materiales. Dispersión de luz visible. Scattering dinámico.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL

- Cao G. "Nanostructures and nanomaterials". Imperial College Press, Londres, 2004.
- Ozin GA, Arsenault AC. "Nanochemistry". RSC Publishing. Cambridge, 2005.
- Chaikin RM, Lubensky TC. "Principles of Condensed Matter Physics". Cambridge University Press, Cambridge, 2000.
- McQuarrie DA. "Statistical Mechanics". Harper-Collins, New York, 1976.
- Hansen JP, McDonald IR. "Theory of simple liquids". Academic Press, New York, 1986.
- D. Frenkel & B. Smit, "Understanding Molecular Simulation: from Algorithms to Applications", Elsevier (2002).
- 2. B. J. Berne & R. Pecora, "Dynamic Light Scattering with Applications to Chemistry, Biology, and Physics", Dover Publications Inc. (2000).
- Jones, P., Maragó, O., & Volpe, G. (2015). "Optical tweezers". Cambridge: Cambridge University Press.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- D. Chandler, "Introduction to Modern Statistical Mechanics", Oxford University Press (1988).
- S. Chandrasekhar, Rev. Mod. Phys. 15, 1 (1943).
- N. G. van Kampen, "Stochastic Processes in Physics and Chemistry", North-Holland Personal Library (2007)

ENLACES RECOMENDADOS

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 06/05/2026 - 11:02
Código seguro de verificación (CSV): 5840A22EE330F0CC1D57A777DF58C5F2 Pág. 5 de 8

- ACS nano: http://pubs.acs.org/journal/ancac3
- Journal of Nanoscience and Nanotechnology: http://www.aspbs.com/jnn/
- Nature Nanotechnology: www.nature.com/nnano/
- Soft Matter journal: http://pubs.rsc.org/en/journals/journalissues/sm#!recentarticles&adv

METODOLOGÍA DOCENTE

- MD01 Lección magistral (Clases teóricas-expositivas). Para transmitir los contenidos de las materias del módulo motivando al alumnado a la reflexión, facilitándole el descubrimiento de las relaciones entre diversos conceptos y formándole una mentalidad crítica.
- MD02 Actividades prácticas (Clases prácticas). Para desarrollar en el alumnado las habilidades instrumentales de la materia.
- MD03 Seminarios. Para desarrollar en el alumnado las competencias cognitivas y procedimentales de la materia.
- MD04 Tutorías académicas: Para orientar al trabajo autónomo y grupal del alumnado, profundizar en distintos aspectos de la materia y orientar la formación académica integral del estudiante.
- MD05 Estudio y trabajo autónomo del alumnado. Para favorecer en el estudiante la capacidad para autorregular su aprendizaje, planificándolo, diseñándolo, evaluándolo y adecuándolo a sus especiales condiciones e intereses.
- MD06 Estudio y trabajo en grupo. Para favorecer en los estudiantes la generación e intercambio de ideas, la identificación y análisis de diferentes puntos de vista sobre una temática, la generalización o transferencia de conocimiento y la valoración crítica del mismo.

EVALUACIÓN (instrumentos de evaluación, criterios de evaluación y porcentaje sobre la calificación final)

EVALUACIÓN ORDINARIA

El artículo 17 de la Normativa de Evaluación y Calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada establece que la convocatoria ordinaria estará basada preferentemente en la evaluación continua del estudiante, excepto para quienes se les haya reconocido el derecho a la evaluación única final.

En la evaluación continua se realizará mediante un trabajo en el laboratorio y trabajos teóricos propuestos. En la parte práctica se valorarán los resultados obtenidos, la dedicación y el aprovechamiento.

La calificación final responderá al siguiente baremo:

- Trabajo en laboratorio: 50 %
- Trabajos teóricos: 50 %

Siguiendo las recomendaciones de la CRUE y del Secretariado de Inclusión y Diversidad de la UGR, los sistemas de adquisición y de evaluación de competencias recogidos en esta guía docente se aplicarán conforme al principio de diseño para todas las personas, facilitando el aprendizaje y

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 06/05/2026 - 11:02
Código seguro de verificación (CSV): 5840A22EE330F0CC1D57A777DF58C5F2 Pág. 6 de 8

la demostración de conocimientos de acuerdo a las necesidades y la diversidad funcional del alumnado.

EVALUACIÓN EXTRAORDINARIA

El artículo 19 de la Normativa de Evaluación y Calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada establece que los estudiantes que no hayan superado la asignatura en la convocatoria ordinaria dispondrán de una convocatoria extraordinaria. A ella podrán concurrir todos los estudiantes, con independencia de haber seguido o no un proceso de evaluación continua. De esta forma, el estudiante que no haya realizado la evaluación continua tendrá la posibilidad de obtener el 100% de la calificación mediante la realización de una prueba y/o trabajo.

La calificación final responderá al siguiente baremo:

- Realización de una (o más) prácticas de laboratorio: 50 %
- Trabajos teóricos: 50 %

EVALUACIÓN ÚNICA FINAL

El artículo 8 de la Normativa de Evaluación y Calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada establece que podrán acogerse a la evaluación única final, el estudiante que no pueda cumplir con el método de evaluación continua por causas justificadas.

Para acogerse a la evaluación única final, el estudiante, en las dos primeras semanas de impartición de la asignatura o en las dos semanas siguientes a su matriculación si ésta se ha producido con posterioridad al inicio de las clases, lo solicitará, a través del procedimiento electrónico, a la Coordinación del Máster, quien dará traslado al profesorado correspondiente, alegando y acreditando las razones que le asisten para no poder seguir el sistema de evaluación continua.

La evaluación consistirá en un examen teórico-práctico con los contenidos de la asignatura, que supondrá el 100% de la nota.

INFORMACIÓN ADICIONAL

- Alumnos con necesidades específicas de apoyo educativo (NEAE). Siguiendo las recomendaciones de la CRUE y del Secretariado de Inclusión y Diversidad de la UGR, los sistemas de adquisición y de evaluación de competencias recogidos en esta guía docente se aplicarán conforme al principio de diseño para todas las personas, facilitando el aprendizaje y la demostración de conocimientos de acuerdo a las necesidades y la diversidad funcional del alumnado. La metodología docente y la evaluación serán adaptadas al alumnado con NEAE, conforme al Artículo 11 de la Normativa de Evaluación y de Calificación de estudiantes de la UGR, publicada en el Boletín Oficial de la UGR no 112, de 9 de noviembre de 2016.

- Inclusión y Diversidad de la UGR. En el caso de estudiantes con discapacidad u otras NEAE, el sistema de tutoría deberá adaptarse a sus necesidades, de acuerdo a las recomendaciones de la Unidad de Inclusión de la UGR, procediendo los Departamentos y Centros a establecer las medidas adecuadas para que las tutorías se realicen en lugares

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 06/05/2026 - 11:02
Código seguro de verificación (CSV): 5840A22EE330F0CC1D57A777DF58C5F2 Pág. 7 de 8

accesibles. Asimismo, a petición del profesorado, se podrá solicitar apoyo a la unidad competente de la Universidad cuando se trate de adaptaciones metodológicas especiales. Información de interés para alumnado con discapacidad y/o Necesidades Específicas de Apoyo Educativo (NEAE): Gestión de servicios y apoyos (https://ve.ugr.es/servicios/atencion-social/estudiantes-con-discapacidad).

- En el caso de utilizar herramientas de IA para el desarrollo de la asignatura, el estudiante debe adoptar un uso ético y responsable de las mismas. Se deben seguir las recomendaciones contenidas en el documento de "Recomendaciones para el uso de la inteligencia artificial en la UGR" publicado en esta ubicación: https://ceprud.ugr.es/formacion-tic/inteligencia-artificial/recomendacionesia#contenidoo

- Información de interés para estudiantado con discapacidad y/o Necesidades Específicas de Apoyo
Educativo (NEAE): Gestión de servicios y apoyos (https://ve.ugr.es/servicios/atencionsocial/estudiantes-con-discapacidad).

Información de interés para estudiantado con discapacidad y/o Necesidades Específicas de Apoyo Educativo (NEAE): Gestión de servicios y apoyos (https://ve.ugr.es/servicios/atencion-social/estudiantes-con-discapacidad).

SOFTWARE LIBRE

Python, GFortran.

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/
Código seguro de verificación (CSV): 5840A22EE330F0CC1D57A777DF58C5F2
06/05/2026 - 11:02
Pág. 8 de 8