

MÓDULO	MATERIA	CURSO	SEMESTRE	CRÉDITOS	TIPO
Común	Microscopía electrónica y técnicas de caracterización	1º	1º	3	Optativa
PROFESORES <sup>(1)</sup>		DIRECCIÓN COMPLETA DE CONTACTO PARA TUTORÍAS (Dirección postal, teléfono, correo electrónico, etc.)			
Fernando Vereda Moratilla Isabel Sánchez Almazo María del Mar Abad Ortega Fátima Linares Ordóñez		<p><b>Fernando Vereda Moratilla:</b> Dpto. Física Aplicada, 1ª planta, Facultad de Ciencias. Despacho nº 11. Tel. 958240025 <a href="mailto:fvereda@ugr.es">fvereda@ugr.es</a></p> <p><b>Isabel Sánchez Almazo:</b> Centro de Instrumentación Científica (Microscopía de Barrido Ambiental) Tel. 958248846/7 <a href="mailto:sanchez@ugr.es">sanchez@ugr.es</a></p> <p><b>Mª del Mar Abad Ortega:</b> Centro de Instrumentación Científica (Microscopía Electrónica de transmisión de Alta Resolución) Tel. 958249989 <a href="mailto:mmabad@ugr.es">mmabad@ugr.es</a></p> <p><b>Fátima Linares Ordóñez:</b> Centro de Instrumentación Científica (Microscopía de Fuerza Atómica) Tel. 958241000-Ext 20447 <a href="mailto:flinaor@ugr.es">flinaor@ugr.es</a></p>			
		HORARIO DE TUTORÍAS Y/O ENLACE A LA PÁGINA WEB DONDE PUEDAN CONSULTARSE LOS HORARIOS DE TUTORÍAS <sup>(1)</sup>			
		Fernando Vereda: <a href="http://fisicaaplicada.ugr.es/pages/profesorado#__doku_titulares_de_universidad">http://fisicaaplicada.ugr.es/pages/profesorado#__doku_titulares_de_universidad</a>			

<sup>1</sup> Consulte posible actualización en Acceso Identificado > Aplicaciones > Ordenación Docente

(∞) Esta guía docente debe ser cumplimentada siguiendo la "Normativa de Evaluación y de Calificación de los estudiantes de la Universidad de Granada" (<http://secretariageneral.ugr.es/pages/normativa/fichasugr/ncg7121/>!)

MÁSTER EN EL QUE SE IMPARTE	OTROS MÁSTERES A LOS QUE SE PODRÍA OFERTAR
Máster Universitario en Física: Radiaciones, Nanotecnología, Partículas y Astrofísica por la Universidad de Granada	
PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES (si procede)	
Conocimientos básicos de los fenómenos de interacción radiación-materia. Dualidad onda-partícula y empleo de electrones en microscopía. Estructura cristalina de los sólidos y métodos de difracción de radiación.	
BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (SEGÚN MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL GRADO)	
Microscopía electrónica de barrido y transmisión (SEM, TEM). Microscopía de fuerza atómica (AFM). Instrumentación en microscopía. Instrumentación en análisis de estructuras.	
COMPETENCIAS GENERALES Y ESPECÍFICAS	
<p>CG3 - Capacidad de trabajo en equipo. El estudiante deberá integrar su trabajo en el interés de un proyecto común.</p> <p>CG4 - 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.</p> <p>CG5 - Capacidad de generación de propuestas innovadoras y competitivas en la investigación y en la actividad profesional.</p> <p>CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>CE1 - Capacidad de interpretar datos procedentes de la observación experimental o la simulación numérica.</p> <p>CE2 - Capacidad de considerar rigurosamente las limitaciones e incertidumbres en los resultados y de los métodos que pueden aplicarse para minimizarlas.</p> <p>CE3 - Capacidad de profundizar en los distintos campos de la Física y de identificar los aspectos que se encuentran en los límites del conocimiento.</p> <p>CE4 - Capacidad de formular hipótesis, idear experimentos, manejar métodos de cálculo y simulación numérica y desarrollar modelos.</p>	
OBJETIVOS (EXPRESADOS COMO RESULTADOS ESPERABLES DE LA ENSEÑANZA)	
El estudiante deberá llegar a conocer los aspectos fundamentales de la tecnología SEM, TEM-STEM y AFM, y eventualmente ser capaz de manejar alguno de los microscopios existentes en el Centro de Instrumentación Científica de	



la UGR, aunque sea bajo supervisión.

Debe ser capaz de diagnosticar las condiciones que hacen necesario el empleo de una u otra de las técnicas disponibles.

Igualmente, se requerirá que esté preparado para interpretar los resultados obtenidos en la propia microscopía (imágenes de campo claro, campo oscuro, difracción de electrones, STEM-HAADF, alta resolución, imágenes de electrones secundarios y electrones retrodispersados, EBSD), así como en difracción de rayos X, EDX, EELS, XPS, o las espectroscopías IR, UV-Vis, fluorescencia, etc.

#### TEMARIO DETALLADO DE LA ASIGNATURA

##### TEMARIO TEÓRICO:

- **Clase 1:** Introducción. Límites de la microscopía óptica.
- **Clase 2:** Interacción electrón-sólido: Dispersión elástica y difracción. Ley de Bragg, red recíproca y esfera de Ewald.
- **Clase 3:** Interacción electrón-sólido: Dispersión inelástica y muestra gruesa. Electrones secundarios y retrodispersados. Microanálisis. Espectrometría por dispersión de energía (EDX). Espectrometría por pérdida de energía (EELS).
- **Clase 4:** SEM: formación de imagen. SEM ambiental. EBSD ('electron backscattered diffraction).
- **Clase 5:** TEM. Formación de imagen; técnicas existentes: contraste de amplitud, imágenes de campo claro (BF) y campo oscuro (DF), contraste de fase y alta resolución (HRTEM y UHRTEM), barrido de electrones transmitidos (STEM-HAADF), tomografías en TEM. Difracción de electrones mediante selección de área (SAED)
- **Clase 6:** Instrumentación. Emisores de electrones. Detectores. Lentes. Aperturas. Preparación de muestras.
- **Clase 7:** AFM. Componentes; modos de operación; imágenes de topografía e imágenes de fase; medidas de fuerza y otras aplicaciones

##### TEMARIO PRÁCTICO:

Sesiones prácticas en el Centro de Instrumentación Científica de la UGR

- TEM
- SEM
- AFM

#### BIBLIOGRAFÍA

##### BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL:

- Manuel Rodríguez Gallego, "La difracción de los rayos X", Alhambra, 1982.
- B. Fultz y J. Howe. "Transmission Electron Microscopy and Diffractometry of Materials". 4ª Edición. Springer 2013.
- J. Mittemeijer and Udo Welzel (Ed), "Modern diffraction methods", Wiley-VCH, 2013.
- Qiang Wu, Fatima A. Merchant, Kenneth R. Castleman, "Microscope image processing", Elsevier/Academic Press, 2008.
- A. W. Robards, A. J. Wilson (Ed), "Procedures in electron microscopy", John Wiley & Sons, 1993
- Miguel Aballe Carride, José López Ruiz, Paloma Adeva Ramos, José María Badía Pérez, "Microscopía electrónica de barrido y microanálisis por rayos X", CSIC, 1996.
- Joseph I. Goldstein *et al.*, "Scanning electron microscopy and X-ray microanalysis", Kluwer Academic, 2003.
- D.B. Williams & C. B. Carter, "Transmission electron microscopy: A textbook for materials science." Ed. Plenum Press, 1996.
- P. Buseck, J Cowley & L. Eyring (Eds.) "High-Resolution Transmission electron microscopy and associated techniques" Ed. Oxford Science Publications, 1992
- P. Buseck (Ed), "Minerals and reactions at the atomic scale: Transmission electron microscopy." Rev. in Mineralogy, Vol 27. Series Editor: P.H. Ribbe. Mineralogical Society of America, 1992



## ENLACES RECOMENDADOS

[www.mse.iastate.edu/research/laboratories/sem/microscopy/](http://www.mse.iastate.edu/research/laboratories/sem/microscopy/) (Enlace de Iowa State University sobre el SEM)  
[www.fei.com/introduction-to-electron-microscopy/](http://www.fei.com/introduction-to-electron-microscopy/) (Introducción a la microscopía electrónica del fabricante FEI)  
[www.matter.org.uk/tem/](http://www.matter.org.uk/tem/) (Ideas básicas sobre el TEM del consorcio 'Matter' formado por universidades británicas)  
[www.doitpoms.ac.uk/tlplib/tem/index.php](http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/tem/index.php) (página de la Universidad de Cambridge dedicada al TEM)  
[www.doitpoms.ac.uk/tlplib/afm/index.php](http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/afm/index.php) (página de la Universidad de Cambridge dedicada al AFM)

## METODOLOGÍA DOCENTE

- 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.

- Actividades prácticas (Clases prácticas). Para desarrollar en el alumnado las habilidades instrumentales de la materia.

- 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.

- 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.

- 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, ETC.)

La **EVALUACIÓN CONTINUA** se realizará mediante: i) colecciones de problemas; ii) trabajo monográfico sobre técnicas relacionadas con el curso y su aplicación en la investigación; iii) seguimiento del trabajo de los alumnos en las sesiones prácticas.

En **EVALUACIÓN CONTINUA** (Convocatoria ORDINARIA) la calificación final responderá al siguiente baremo:

- Colecciones de problemas: 40%
- Trabajo monográfico: 40%
- Trabajo en las sesiones prácticas: 20%

En **EVALUACIÓN EXTRAORDINARIA** la calificación final responderá al siguiente baremo:

- Trabajo monográfico: 40%
- Examen teórico-práctico: 60%

**EVALUACIÓN ÚNICA:** De acuerdo con la normativa de la Universidad de Granada, para acogerse a la evaluación única final, el estudiante, en el plazo establecido en la normativa, lo solicitará, a través del procedimiento electrónico, al Coordinador del Máster, 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 en el que pueden incluirse cuestiones de teoría, problemas y preguntas relacionadas tanto con las clases teóricas como con las sesiones desarrolladas en el Centro de Instrumentación Científica

**CONVOCATORIA ESPECIAL.** Los estudiantes que recurran a la Convocatoria Especial mencionada en el artículo 21 de la "Normativa de Evaluación y de Calificación de los estudiantes de la UGR", realizarán un examen teórico-práctico.

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.

DESCRIPCIÓN DE LAS PRUEBAS QUE FORMARÁN PARTE DE LA EVALUACIÓN ÚNICA FINAL ESTABLECIDA EN LA “NORMATIVA DE EVALUACIÓN Y DE CALIFICACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA”

- Examen teórico-práctico

INFORMACIÓN ADICIONAL

