

GUIA DOCENTE DE LA ASIGNATURA (∞)  
**MICROSCOPIA ELECTRÓNICA  
Y TÉCNICAS DE CARACTERIZACIÓN**

Curso 2020-2021  
(Fecha última actualización: 15/07/2020)  
(Fecha de aprobación en Comisión Académica del Máster: 16/07/2020)

SEMESTRE	CRÉDITOS	CARÁCTER	TIPO DE ENSEÑANZA	IDIOMA DE IMPARTICIÓN
1º	3	Optativa	Presencial	Español
MÓDULO	Módulo Común			
MATERIA	Microscopía Electrónica y Técnicas de Caracterización			
CENTRO RESPONSABLE DEL TÍTULO	Escuela Internacional de Posgrado			
MÁSTER EN EL QUE SE IMPARTE	<b>Máster Universitario en Física: Radiaciones, Nanotecnología, Partículas y Astrofísica</b>			
CENTRO EN EL QUE SE IMPARTE LA DOCENCIA	Facultad de Ciencias			
PROFESORES <sup>(1)</sup>				
<b>Fernando Vereda Moratilla:</b>				
DIRECCIÓN	Dpto. de Física Aplicada, 1ª planta, Facultad de Ciencias, Despacho nº 8. Correo electrónico: fvereda@ugr.es			
TUTORÍAS	<a href="https://fisicaaplicada.ugr.es/pages/profesorado">https://fisicaaplicada.ugr.es/pages/profesorado</a>			
<b>Isabel Sánchez Almazo:</b>				
DIRECCIÓN	Centro de Instrumentación Científica (Microscopía de Barrido Ambiental) Correo electrónico: <a href="mailto:sanchez@ugr.es">sanchez@ugr.es</a>			
TUTORÍAS	Viernes de 8:30 am a 9:30 am			
<b>Mª del Mar Abad Ortega</b>				
DIRECCIÓN	Centro de Instrumentación Científica (Microscopía Electrónica de transmisión de Alta Resolución). Correo electrónico: <a href="mailto:mmabad@ugr.es">mmabad@ugr.es</a>			
TUTORÍAS	Lunes de 9:00 am a 10:00 am			
<b>Fátima Linares Ordoñez</b>				
DIRECCIÓN	Centro de Instrumentación Científica (Microscopía de Fuerza Atómica) Correo electrónico: <a href="mailto:flinaor@ugr.es">flinaor@ugr.es</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/ngc7121/>!)



TUTORÍAS	Lunes de 1:00 pm a 2:00 pm
<b>COMPETENCIAS GENERALES Y ESPECÍFICAS</b>	
<p><b>COMPETENCIAS BÁSICAS Y GENERALES</b></p> <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><b>COMPETENCIAS ESPECÍFICAS</b></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> <p><b>COMPETENCIAS TRANSVERSALES</b></p> <p>CT2 - 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.</p> <p>CT1 - 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.</p> <p>CT3 - 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.</p> <p>CT4 - 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.</p>	
<b>OBJETIVOS O RESULTADOS DE APRENDIZAJE (SEGÚN LA MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL TÍTULO)</b>	



El estudiante deberá conocer los aspectos fundamentales de la tecnología SEM y TEM-STEM, y eventualmente 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, STEM y alta resolución), así como en difracción de rayos X, EDX, EELS, XPS, o las espectroscopías IR, UV-Vis, fluorescencia, etc.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (SEGÚN LA MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL TÍTULO)

Introducción. Generalidades sobre la interacción radiación-materia. Difracción y absorción de rayos X en muestras amorfas y cristalinas. Ecuación de Laue, Ley de Bragg, Red recíproca y Esfera de Ewald. Reglas que rigen la difracción de RX en TEM. Métodos experimentales e interpretación de resultados. Espectroscopía de fluorescencia. Microscopía electrónica: fundamentos. Preparación de muestras. 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), microanálisis por dispersión de energía (EDX) y microanálisis por pérdida de energía (EELS). Experimentación y resultados accesibles. Interpretación. Espectroscopía de fotoelectrones de rayos X (XPS). Espectroscopías infrarroja y UV-Vis: ¿cuándo son aplicables a la caracterización de materiales? Nuevas microscopías: AFM, barrido-túnel.

#### 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.
- C. Kittel, "*Introduction to solid state physics*" 7th edition. John Wiley & Sons, 1996.
- B. Fultz y J. Howe. "Transmission Electron Microscopy and Diffractometry of Materials". 4ª Edición.



Springer 2013. Recurso electrónico en la biblioteca de la UGR.

- 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
- G. Haugstad, "Atomic force microscopy: exploring basic modes and advanced applications" John Wiley & Sons, 2012. Recurso electrónico en la biblioteca de la UGR.
- P.C. Braga, D. Ricci, "Atomic force microscopy in biomedical research: Methods and protocols." Methods in Molecular Biology. Vol. 736. Springer 2011. Recurso electrónico en la biblioteca de la UGR.

#### ENLACES RECOMENDADOS (OPCIONAL)

[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.)

#### CONVOCATORIA 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.



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%
- Cuestiones sobre las sesiones prácticas: 20%

#### **CONVOCATORIA 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.

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

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

#### **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**

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 o por causa sobrevenidas. 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 en tal caso 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

#### **ESCENARIO A (ENSEÑANZA-APRENDIZAJE PRESENCIAL Y NO PRESENCIAL)**

##### **ATENCIÓN TUTORIAL**

<b>HORARIO</b> (Según lo establecido en el POD)	<b>HERRAMIENTAS PARA LA ATENCIÓN TUTORIAL</b> (Indicar medios telemáticos para la atención tutorial)
Miércoles de 18:00 a 19:00	Foros en plataforma PRADO; email, videoconferencias síncronas individuales o grupales mediante Google Meet

##### **MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DOCENTE**

- Clases magistrales presenciales y por teleconferencia síncrona.
- Sesiones de microscopía en el Centro de Instrumentación Científica presenciales si el número de



estudiantes permite mantener condiciones de seguridad en las salas de los microscopios. Sesiones de microscopía por videoconferencia síncrona o asíncrona si el número de estudiantes no permite mantener dichas condiciones de seguridad. Presentaciones mediante videoconferencia sobre el funcionamiento de los microscopios y sobre casos prácticos concretos estudiados en dichos equipos

- Entrega de tareas, trabajos monográficos y cuestiones sobre las sesiones de microscopía mediante la plataforma PRADO.

#### MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA EVALUACIÓN (Instrumentos, criterios y porcentajes sobre la calificación final)

##### Convocatoria Ordinaria

- Colecciones de problemas: 40%
- Trabajo monográfico: 40%
- Cuestiones sobre las sesiones prácticas impartidas por el profesorado del CIC: 20%

##### Convocatoria Extraordinaria

- Trabajo monográfico: 40%
- Examen teórico-práctico presencial o mediante videoconferencia: 60%

##### Evaluación Única Final

- Examen teórico-práctico presencial o mediante videoconferencia en el que pueden incluirse cuestiones de teoría, problemas y preguntas relacionadas tanto con las clases teóricas como con las sesiones o clases impartidas por el profesorado del Centro de Instrumentación Científica

### ESCENARIO B (SUSPENSIÓN DE LA ACTIVIDAD PRESENCIAL)

#### ATENCIÓN TUTORIAL

##### HORARIO

(Según lo establecido en el POD)

##### HERRAMIENTAS PARA LA ATENCIÓN TUTORIAL

(Indicar medios telemáticos para la atención tutorial)

Miércoles de 18:00 a 19:00

Foros en plataforma PRADO; email, videoconferencias síncronas individuales o grupales mediante Google Meet

#### MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DOCENTE

- Clases magistrales por teleconferencia síncrona.
- Sesiones de microscopía por videoconferencia síncrona o asíncrona. Si el personal técnico del CIC no pudiese acceder al edificio, se presentarán mediante teleconferencia el funcionamiento de los microscopios, la preparación de muestras y casos prácticos estudiados previamente en dichos equipos.
- Entrega de tareas, trabajos monográficos y cuestiones sobre las clases impartidas por el profesorado del CIC mediante la plataforma PRADO.

#### MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA EVALUACIÓN (Instrumentos, criterios y porcentajes sobre la calificación final)

##### Convocatoria Ordinaria

- Colecciones de problemas: 40%



- Trabajo monográfico: 40%
- Cuestiones sobre las clases impartidas por el profesorado del CIC: 20%

#### **Convocatoria Extraordinaria**

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

#### **Evaluación Única Final**

- Examen teórico-práctico mediante videoconferencia en el que pueden incluirse cuestiones de teoría, problemas y preguntas relacionadas tanto con las clases teóricas como con las clases impartidas por el profesorado del Centro de Instrumentación Científica.

