

## TEMARIO

### Técnico/a Superior SGIker (Microscopía de Materiales y Superficies) Grupo 1

1. Sistemas de gestión de la prevención de riesgos laborales en la Universidad. La integración de la prevención en la Gestión. La asignación de responsabilidades. La participación de los trabajadores en la prevención de riesgos laborales. Órganos de representación y participación.
2. Ley 4/2005, de 18 de febrero, para la Igualdad de Hombres y Mujeres: objeto y fin de la norma. Principios generales. Medidas para promover la igualdad en la normativa y actividad administrativa. III Plan de Igualdad en la Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea (2019-2022).
3. Nociones básicas de cristalografía: Elementos de simetría de los cristales. Ejes cristalográficos. Índices de Miller. La celda unidad. Redes de Bravais.
4. Conceptos avanzados de cristalografía: La red recíproca. Grupos puntuales. Grupos espaciales. Tablas Internacionales de Cristalografía. Proyección estereográfica.
5. Introducción a la interacción electrón-materia: Longitud de onda del electrón y procesos de interacción en la escala de energía de 0.5 keV a 300 keV. Dispersión elástica e inelástica. Comparación básica con la interacción de rayos X y neutrones.
6. Principios físicos de la microscopía electrónica I: Microscopios electrónicos de transmisión (MET), barrido (MEB) y barrido-transmisión (STEM). Fuentes de electrones (termoiónico y de emisión de campo) y sistema acelerador. Lentes magnéticas, sus defectos y su corrección. Aperturas y resolución.
7. Principios físicos de la microscopía electrónica II: Sistemas de vacío. Distintos tipos de bombas y medidores de vacío. Portamuestras. Detectores de electrones y rayos X.
8. Formación de imágenes en MET: Efecto de las diferentes lentes. Campo claro. Campo oscuro. Haz débil. Haz convergente. Resolución. Profundidad de campo. Profundidad de foco.
9. Formación de contrastes en MET: Principios físicos del contraste de fases y del contraste de amplitud. Franjas de Moiré. Imágenes de dislocaciones.
10. Formación de la imagen en STEM: Tamaño de la sonda. Tipos de detectores. Imágenes en campo claro y campo oscuro. Imágenes HAADF y ABF.
11. Teoría cinemática de la difracción de electrones: Condiciones de Laue. Ley de Bragg. Esfera de Ewald. Factor de estructura. Error de excitación. Intensidad

difractada por una muestra delgada. La difracción de Fresnel. Aproximación de la columna. Distancia de extinción. Limitaciones de la teoría cinemática.

12. Teoría dinámica de la difracción de electrones: Ondas de Bloch, vector de excitación efectivo, intensidad transmitida y difractada, efecto de la absorción. Aplicación al estudio de cristales reales: faltas de apilamiento, fronteras de antifase, maclas, interfases, dislocaciones, precipitados.
13. Difracción en MET por selección de área: Formación de diagramas de difracción por selección de área. Zonas de Laue. Indexación y efecto de diferentes defectos sobre los diagramas.
14. Difracción en MET por haz convergente (CBED): Diagramas de Kossel-Möllenstedt y de Kossel. Diagramas de difracción LACBED y su aplicación al estudio de defectos. Medida del espesor del cristal. Medida de la variación de los parámetros de red. Determinación de la celda unidad y la red de Bravais. Determinación del grupo puntual de simetría.
15. Espectroscopia de pérdidas de energía de los electrones (EELS): El espectro de pérdidas de energía. Zona de bajas pérdidas ("low-loss"). Estructura fina. Imágenes filtradas y mapas de elementos. Construcción y manipulación de espectros-imagen y espectros-línea. Estimación del espesor de la muestra.
16. Análisis cualitativos y cuantitativos en EELS: Identificación de "edges". Determinación de estados de oxidación. Secciones eficaces y principios de cuantificación.
17. Principios físicos de la interacción electrón-muestra masiva: Electrones retrodispersados y secundarios. Emisión de rayos X y electrones Auger. Catodoluminiscencia. Corriente de muestra. Resolución lateral y en profundidad de las diferentes señales.
18. Comparación de la emisión de electrones secundarios y retrodispersados en el MEB: Energía de los electrones secundarios y retrodispersados, influencia de la energía del haz incidente, influencia del material, repartición angular y distribución espacial. influencia del ángulo de incidencia.
19. Condiciones de observación en MEB: Detectores de electrones secundarios y retrodispersados. Detectores "in-lens" y en la cámara de la muestra. Otros detectores. Tensión de aceleración, corriente de sonda y distancia de trabajo en función del tipo de observación microestructural seleccionada.
20. Difracción de electrones retrodispersados (EBSD) en el MEB I: Mecanismos de formación de líneas de Kikuchi y diagramas de electrones retrodispersados (EBSD).

21. Difracción de electrones retrodispersados (EBSD) en el MEB II: Representaciones de la textura cristalográfica en los diferentes espacios. Fundamentos de la automatización de la medida. Identificación de fases.
22. Características de la emisión de fotones de rayos X en MET y MEB: Espectro continuo. Espectro característico. Interacción de los rayos X con la materia.
23. Resolución espacial del microanálisis en MET y MEB: Fundamentos físicos. Dependencia con el espesor de la muestra, la energía del haz incidente y el número atómico del elemento.
24. Micro-análisis cualitativo de rayos X característicos en MET y MEB: Identificación de picos, mapas de rayos X 1D (barridos de línea) y 2D.
25. Micro-análisis cuantitativo de espectros de rayos X característicos en MET: Método de Cliff-Lorimer.
26. Comparación entre micro-análisis de rayos X característicos y EELS en MET: Resolución espacial. Umbral de detección para elementos ligeros y pesados. Precisión del análisis. Compatibilidad de las distintas espectroscopias con la formación de imágenes.
27. Micro-análisis cuantitativo de espectros de rayos X característicos en MEB: Principios de cuantificación, métodos iterativos. Estimación de la concentración de elementos pesados. Análisis por estequiometría de elementos ligeros.
28. Métodos de preparación de muestras para materiales cerámicos en MET: Pulido en paralelo, pulido en trípode, pulido esférico y pulido iónico.
29. Métodos de preparación de muestras para materiales metálicos en MET: Pulido electrolítico.
30. Métodos de preparación de muestras para materiales compuestos en MET: Ultramicrotomía. Métodos para aumentar el contraste.
31. Métodos de preparación de películas delgadas para MET: Preparación en vista plana y sección transversal. Métodos de corte, pegado, adelgazado y pulido iónico.
32. Métodos de preparación de muestras mediante FIB en MET: Preparación de láminas delgadas mediante haces de iones focalizados (FIB).
33. Métodos de preparación de muestras para MEB I: Observación de muestras conductoras y aislantes. Métodos de recubrimiento por pulverización catódica y evaporación en vacío. Compensación de carga en ambientes de bajo vacío. Microscopía de barrido ambiental.

34. Métodos de preparación de muestras para MEB II: Procedimientos metalográficos para la preparación de muestras pulidas.
35. Bases de materialografía cuantitativa para Microscopia Electrónica: Preparación y segmentación de imágenes. Localización de partículas. Operaciones sobre las partículas. Análisis de partículas.

#### **Bibliografía sugerida**

1. Transmission Electron Microscopy. A textbook for materials Science. David B. Williams, C. Barry Carter. 1ª edición: Plenum Press, New York 1996. 2ª edición Springer 2009.
2. Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis. J. Goldstein, D. Newbury, D. Joy, Ch. Lyman, P. Echlin, E. Lifshin, L. Sawyer, J. Michael. Kluwer Academic 2003.
3. Electron Backscatter Diffraction in Materials Science. Edited by Adam J. Schwartz, Mukul Kumar, Brent L. Adams. Kluwer Academic/Plenum Publishers 2000.
4. Large-Angle convergent -beam electron diffraction (LACBED). Jean-Paul Morniroli. French Society of Microscopies, Paris 2002.
5. The basics of crystallography and diffraction. C. Hammond. International Union of crystallography tests on crystallography 2001.
6. The Image Processing Handbook. John C. Russ. CRC Press 2011.
7. Procedures in Electron Microscopy. Principal Editors: A.W. Robards and A.J. Wilson. John Wiley & Sons 1993.