

1.- DATOS DE LA ASIGNATURA

| | |
|--------------------------|--------------------------------------|
| Nombre de la asignatura: | Caracterización de Materiales |
| Carrera: | Ingeniería en Nanotecnología |
| Clave de la asignatura: | NAF-0903 |
| SATCA ¹ | 3 - 2 - 5 |

2.- PRESENTACIÓN

Caracterización de la asignatura.

Esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero en Nanotecnología la capacidad para determinar las características estructurales de materiales y nanomateriales mediante diversas técnicas, con el fin de relacionar la estructura con sus propiedades.

La investigación de la estructura interna de un material de ingeniería es frecuentemente de importancia crítica. Este curso proporciona al estudiante los principios teóricos y metodológicos de las técnicas: difracción de rayos X, microscopias y calorimetrías, para obtener información estructural cualitativa y cuantitativa de una muestra. Asimismo, la caracterización de un material es de gran ayuda para inferir su comportamiento químico, físico y/o biológico, y como consecuencia, diseñar un sistema de ingeniería o manufacturar sus componentes.

Esta materia se relaciona con otras asignaturas impartidas en semestres anteriores como Ciencia e Ingeniería de los Materiales, Análisis Instrumental y en semestres posteriores con Síntesis de Nanomateriales.

Intención didáctica.

Se organiza el temario, en siete unidades, tratando en las primeras seis un tipo de técnica por unidad, dejando la última unidad para algunas otras técnicas importantes dentro de la caracterización.

Se busca en un principio introducir al estudiante al área de caracterización de materiales en forma general, y a partir de ahí, se presentan cada una de las técnicas disponibles en la actualidad para obtener información importante acerca de la estructura de un material.

La idea es mostrar las herramientas con las que cuenta el estudiante para caracterizar materiales y que finalmente sea capaz de elegir la técnica adecuada para analizar un determinado material, esto con base en el tipo de material y a la información que se requiere del mismo.

Se sugieren actividades para hacer más significativo el aprendizaje.

Algunas de las actividades pueden realizarse como actividades previas a la clase y, una vez en ella, comenzar la discusión a partir de los resultados de las investigaciones

¹ Sistema de asignación y transferencia de créditos académicos

documentales u observaciones.

3.- COMPETENCIAS A DESARROLLAR

| Competencias específicas: | Competencias genéricas: |
|--|---|
| Comprender los fundamentos de las principales técnicas de caracterización de la microestructura y las propiedades físicas de los materiales, así como los fenómenos físicos involucrados; interpretando y aplicando la información obtenida. | <p>Competencias instrumentales</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Capacidad de análisis y síntesis▪ Capacidad de organizar y planificar▪ Conocimientos generales básicos▪ Conocimientos básicos de la carrera▪ Comunicación oral y escrita en su propia lengua▪ Conocimiento de una segunda lengua▪ Habilidades básicas de manejo de la computadora▪ Habilidades de gestión de información(habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas)▪ Solución de problemas▪ Toma de decisiones. <p>Competencias interpersonales</p> <ul style="list-style-type: none">• Capacidad crítica y autocrítica• Trabajo en equipo• Habilidades interpersonales• Capacidad de trabajar en equipo interdisciplinario• Capacidad de comunicarse con profesionales de otras áreas <p>Competencias sistémicas</p> <ul style="list-style-type: none">• Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica• Habilidades de investigación• Capacidad de aprender• Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad)• Habilidad para trabajar en forma autónoma• Búsqueda del logro |

4.- HISTORIA DEL PROGRAMA

| Lugar y fecha de elaboración o revisión | Participantes | Observaciones (cambios y justificación) |
|--|--|---|
| Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez del 27 al 29 de Abril de 2009. | Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Tijuana, Querétaro, Celaya, Saltillo, Ciudad Juárez, Superior de Irapuato, San Luis Potosí, Chihuahua. | Primera Reunión Nacional de diseño e innovación curricular para el desarrollo de competencias profesionales de las carreras de Ingeniería en Nanotecnología e Ingeniería Logística del SNEST. |
| Instituto Tecnológico de Puebla del 8 al 12 de Junio de 2009 | Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Tijuana, Querétaro, Celaya, Saltillo, Ciudad Juárez, Superior de Irapuato, San Luis Potosí, Chihuahua | Reunión de seguimiento de diseño e innovación curricular para el desarrollo de competencias profesionales de las carreras de Ing. en Nanotecnología, Gestión Empresarial, Logística, y asignaturas comunes del SNEST. |
| Instituto Tecnológico de Mazatlán del 23 al 27 de Noviembre de 2009 | Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Tijuana, Querétaro, Ciudad Juárez, Superior de Irapuato, San Luis Potosí, Chihuahua | Segunda Reunión de seguimiento de diseño e innovación curricular para el desarrollo de competencias profesionales de la carrera de Ing. en Nanotecnología, del SNEST. |
| Instituto Tecnológico de Villahermosa del 24 al 28 de Mayo de 2010 | Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Tijuana, Querétaro, Superior de Irapuato, Chihuahua, Saltillo. | Reunión de consolidación de diseño e innovación curricular para el desarrollo de competencias profesionales de la carrera de Ing. en Nanotecnología, del SNEST. |

5.- OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DEL CURSO (competencias específicas a desarrollar en el curso)

Comprender los fundamentos de las principales técnicas de caracterización de la microestructura y las propiedades físicas de los materiales, así como los fenómenos físicos involucrados e interpretará y aplicará la información obtenida.

6.- COMPETENCIAS PREVIAS

- Conoce acerca de la estructura atómica y sobre diferentes tipos de materiales.
- Maneja instrumentos.

7.- TEMARIO

| Unidad | Temas | Subtemas |
|--------|--|--|
| 1 | Microscopia óptica | 1.1 Principios básicos de formación de imágenes. 1.2 Partes y funcionamiento del microscopio óptico. 1.3 Métodos de iluminación. 1.4 Preparación de muestras. 1.5 Interpretación de microestructuras. 1.6 Fotomicrografía. 1.7 Analizador de imágenes |
| 2 | Difracción de Rayos X | 2.1 Naturaleza de los rayos X. 2.2 Fundamentos de generación de rayos X. 2.3 Ley de Bragg. 2.4 Factor de estructura. 2.5 Propiedades coligativas. 2.6 Técnicas de difracción de rayos X. 2.7 Patrón de difracción de rayos X. 2.8 Método de Rietveld. |
| 3 | Microscopia electrónica de transmisión | 3.1 Descripción y principio de Funcionamiento. 3.2 Partes fundamentales del MET. 3.3 Técnicas de preparación de muestras. 3.4 Poder de resolución. 3.5 Formación de imágenes. 3.6 Formación del patrón de difracción. 3.7 Reglas de indexación. 3.8 Teoría cinemática. 3.9 Teoría dinámica. 3.10 Espectroscopia de pérdida de energía del electrón. |
| 4 | Microscopia electrónica de barrido | 4.1 Espectroscopia de dispersión de energía. 4.2 Descripción y principio de Funcionamiento. 4.3 Fenómenos físicos involucrados. 4.4 Interpretación de las imágenes. 4.5 Preparación de muestras. 4.6 Microanálisis por Dispersión de Energía (EDS). |

| | | |
|---|------------------|---|
| 5 | Análisis Térmico | <p>4.7 Microanálisis por Dispersión de Longitud de Onda (WDS).</p> <p>5.1 Descripción y principio del funcionamiento del análisis térmico diferencial y termogravimétrico.</p> <p>5.2 Fenómenos físicos involucrados.</p> <p>5.3 Tratamiento e interpretación de los datos.</p> <p>5.4 Dilatometría.</p> <p>5.5 Calorimetría diferencial de barrido.</p> <p>5.6 Análisis Dinámico Mecánico.</p> |
| 6 | Otras técnicas | <p>6.1 Microscopia de Fuerza Atómica (AFM).</p> <p>6.2 Microscopia de Efecto Túnel.</p> <p>6.3 Potencial Z.</p> |

8.- SUGERENCIAS DIDÁCTICAS (desarrollo de competencias genéricas)

- Fomentar actividades grupales que propicien la comunicación, el intercambio argumentado de ideas, la reflexión, la integración y la colaboración de y entre los estudiantes.
- Propiciar actividades de análisis y discusión de temas relacionados con la caracterización de materiales.
- Realizar visitas a industrias y a centros de investigación que ayuden a complementar lo analizado en clase.
- Asistir a seminarios sobre técnicas de caracterización de materiales.
- Uso de software para el análisis de resultados.
- Desarrollar prácticas de caracterización de una muestra.
- Desarrollar prácticas del funcionamiento de las diferentes técnicas.
- Propiciar el análisis y la interpretación de resultados de las técnicas de caracterización.
- Relacionar las propiedades térmicas con la estructura del material o nanomaterial, a partir de las curvas de DTA, DSC, TGA y Dilatometría.
- Inferir cambios químicos en los materiales y nanomateriales, a partir de las curvas de análisis térmico.

9.- SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN

- La evaluación debe ser continua y formativa por lo que se debe considerar el desempeño en cada una de las actividades de aprendizaje, haciendo especial énfasis en:
 - Prácticas y reportes escritos de las mismas, así como de las conclusiones obtenidas de dichas prácticas.
 - Presentación de resultados en seminarios.
 - Exámenes orales y escritos para comprobar el manejo de aspectos teóricos y declarativos.

10.- UNIDADES DE APRENDIZAJE

Unidad 1: Microscopia Óptica

| Competencia específica a desarrollar | Actividades de Aprendizaje |
|---|--|
| Conocer los componentes, principios y aplicaciones de la microscopía óptica. Utilizar el microscopio óptico para caracterizar diferentes materiales. | <ul style="list-style-type: none">• Investigar y discutir los principios que rigen la formación de imágenes en el ojo humano, en lentes simples y compuestos para la caracterización de la imagen formada.• Calcular y comparar los aumentos en lente simples y en el microscopio óptico.• Discutir y diferenciar los conceptos de: distancia focal, eje óptico, rayos focales y rayos paralelos.• Identificar en el microscopio todas sus partes fundamentales.• Investigar la longitud de onda de filtros de diferentes colores y calcular el poder de resolución.• Seleccionar el tipo de objetivo y oculares para realizar observaciones con bajos y altos aumentos.• Observar la profundidad de foco de objetivos diferentes.• Realizar prácticas de calibración de aumentos a través del microscopio en micrómetro objeto.• Observar los efectos de abrir y cerrar los diafragmas de campo y apertura sobre la imagen producida.• Operar el microscopio para enfocarlos correctamente.• Utilizar el desenfoque para observar pequeños detalles en la muestra.• Establecer en práctica el manejo del microscopio en condiciones de iluminación de campo claro. |

| | |
|--|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Realizar preparaciones de muestras de materiales diversos. • Explicar y aplicar las técnicas utilizadas en la fotomicrografía de muestras e interpretación de resultados. • Comprender los fundamentos, limitaciones y funcionamiento del analizador de imágenes. • Realizar determinaciones cualitativas y cuantitativas de fases. • Realizar mediciones de tamaños de grano y comparar. |
|--|---|

Unidad 2: Difracción de Rayos X

| Competencia específica a desarrollar | Actividades de Aprendizaje |
|--|---|
| Aplicar la técnica de difracción de rayos X para conocer el arreglo cristalino de materiales y nanomateriales. | <ul style="list-style-type: none"> • Investigar y discutir la clasificación y características de las radiaciones en función de la longitud de onda. • Analizar la interacción de los rayos X con la materia. • Discutir el fundamento del espectro de rayos X. • Investigar y discutir la generación de rayos X. • Analizar la demostración general de la Ley de Bragg y su significado físico. • Describir el efecto del contenido atómico de los cristales en la difracción de rayos X a través del factor de estructura. • Calcular y comparar las condiciones de extinción específica. • Discutir los principios de utilización de las técnicas de Laue y Debye- Scherrer. • Identificar en el espectrómetro de rayos X, sus partes fundamentales. • Interpretar los patrones de difracción. • Aplicar técnica de difracción de los rayos X en los materiales condensados. • Realizar prácticas de indexación de patrones de difracción. • Contrastar resultados utilizando software de difracción. • Investigar y discutir la aplicación de cuantificación de fases por el método de Rietveld. |

Unidad 3: Microscopia Electrónica de Transmisión

| Competencia específica a desarrollar | Actividades de Aprendizaje |
|--|---|
| Aplicar los principios de formación de la imagen y del patrón de difracción en el estudio de la estructura de diferentes materiales y nanomateriales mediante el uso de MET. | <ul style="list-style-type: none">• Investigar y discutir los principios básicos del MET.• Explicar los principios de formación de patrones de difracción e imágenes.• Comparar la formación de imágenes en campo claro y en campo oscuro.• Analizar la difracción de electrones en el MET, de muestras cristalinas.• Investigar y discutir los diferentes tipos de patrones de difracción, en muestras cristalinas y semicristalinas.• Analizar el contraste dinámico de los defectos cristalinos.• Aplicar las técnicas para la preparación de muestras para el MET.• Aplicar la metodología en la caracterización estructural e identificar los defectos de estructura.• Utilizar software para la indexación de patrones de difracción. |

Unidad 4: Microscopia electrónica de barrido

| Competencia específica a desarrollar | Actividades de Aprendizaje |
|--|--|
| Comprender los principios del funcionamiento del MEB, la formación e interpretación de las imágenes y el microanálisis para su aplicación en el estudio de los materiales. | <ul style="list-style-type: none">• Explicar la generación de electrones secundarios y retrodispersados, así como, los diferentes fenómenos ocasionados al interactuar el haz de electrones primarios con la muestra.• Identificar el funcionamiento de cada una de las partes que constituyen el MEB.• Identificar las imágenes obtenidas por los diferentes modos de operación del microscopio.• Preparar muestras de diferentes tipos de materiales para su análisis en el MEB.• Describir los principios del funcionamiento de los espectrómetros de dispersión de longitud de onda y de energía de los rayos X.• Interpretar los diferentes tipos de microanálisis cualitativo y cuantitativo.• Discutir los alcances y limitaciones del MEB. |

Unidad 5: Análisis Térmico

| Competencia específica a desarrollar | Actividades de Aprendizaje |
|--|---|
| Comprender el principio de los fenómenos que rigen el análisis térmico y su aplicación en la caracterización de materiales y/o nanomateriales. | <ul style="list-style-type: none">• Identificar los componentes de un equipo de análisis térmico.• Discutir los principios del análisis térmico, su definición y los parámetros involucrados en las diferentes técnicas a partir de la investigación previa.• Identificar las diferencias entre las técnicas de análisis térmicos.• Interpretar los fenómenos físicos y químicos involucrados en las diferentes técnicas de análisis térmico.• Obtener e interpretar termogramas.• Identificar los componentes de un equipo de análisis dinámico mecánico (DMA).• Analizar los principios de la técnica de DMA.• Interpretar los resultados de un DMA. |

Unidad 6: Otras Técnicas

| Competencia específica a desarrollar | Actividades de Aprendizaje |
|---|---|
| Conocer otras técnicas que se utilizan para caracterizar estructuralmente los materiales. | <ul style="list-style-type: none">• Conocer los fundamentos y alcances de las técnicas novedosas de caracterización estructural.• Discutir las aplicaciones de las técnicas de: microscopia de fuerza atómica, microscopia de efecto túnel y potencial zeta. |

11.- FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Kehl, G. *Fundamentos de la Práctica Metalográfica*. McGraw – Hill
2. Girkin, R. *Optical Microscopy of Metals*.
3. Van Der Voor. *Metallographic Principles*. McGraw – Hill
4. ASM. *Metals Hand Book Vol. 8*. ASM.
5. Redd Hill , R. *Principios de Metalurgia Física*.
6. Samuels, Leonard . *Metallographic Polishing By Mechanical Methods*. ASM.
7. Verhoven, J. D. *Fundamentos de Metalurgia Física*. Limusa.
8. Huking, D. W. *X – Ray Diffraction by Disordered and Ordered Systems*. Pergamon Press.
9. Cullyti Bernard. *X – Ray Diffraction*. McGraw – Hill.
10. Goldstein, G. *Practical Scanning Electron Microscopy*. Plenum Press.
11. ASM. *Metals Handbook Vol. 9*. ASM.
12. Datley. C. W. *The Scanning Electron Microscopy*. Cambridge University Press.
13. Glavert, A. M. *Practical Methods in Electron Microscopy Vol. 1*.
14. Hall, C. E. *Introduction to Electron Microscopy*. McGraw – Hill.
15. Proyecto Multinacional de Tecnología de Materiales. *Interpretación de Imágenes en Microscopía Electrónica de Barrido*. Buenos Aires, Argentina.
16. Zworyn, V. K. et. al. *Electron Optics and The Electron Microscopy*. John Wiley & Sons.
17. Hirsh, P. B. *Electron Microscopy of Crystals*. Butterworths.
18. Brooker, G. R., Amelinckx. *Modern Diffraction and Techniques in Materials Science*. Scanning Electron Microscopy. North Holland.
19. Chaussin Hilly, G. C. *Curso Básico de Metalurgia Física*. José Montesó.
20. Phelps, G. W., Maguire, S. G., Kelly, W. J. y Wood, R. K. *Rheology and Rheometry of Clay – Water Systems*. Rutgers University.
21. Reed, J. S. *Introduction to the Principles of Ceramics Processing*. John Wiley & Sons.
22. Gaskell, David R. *An Introduction to Transport Phenomena in Materials Engineering*. Mac Millan.
23. BIRD, R. B., STEWART, W. E., Lightfoot, E. N. *Fenómenos de Transporte*. Reverte.
24. *Mossbauer Spectroscopy*. Gonser.
25. Bhanu, P., Jena and Heinrich Horber, J. K. *Atomic Force Microscopy in Cell Biology*. Academic Press.
26. Coehen, Samuel H. and Bray, Mona T. *Atomic Force Microscopy: Scanning Tunneling Microscopy*. Kluwer Academic Press.
27. Zhang, S.; Li, L.; Kumar, A. *Materials Characterization Techniques*. CRC Press, Taylor and Francis Group (2008).
28. Leng, Yang *Materials Characterization*. John Wiley & Sons (2008).

12.- PRÁCTICAS PROPUESTAS.

1. Operación del microscopio óptico.
2. Preparación de muestras por diferentes técnicas.
3. Interpretación de microestructuras.
4. Metalografía cuantitativa utilizando el analizador de imágenes.
5. Identificación de fases cristalinas mediante por difracción de rayos X.
6. Observación e interpretación de imágenes en el microscopio electrónico de barrido.
7. Realización e interpretación del microanálisis cuantitativo utilizando el microscopio electrónico de barrido.

8. Preparación de muestras para el microscopio electrónico de transmisión.
9. Obtención de imágenes y patrones de difracción en el MET.
10. Determinación de puntos de transformación por análisis térmico y dilatometría.