

**Universidad  
de La  
Habana  
Instituto de Ciencia y Tecnología  
de Materiales**

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                 |                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Curso de Postgrado</b><br>Espectroscopia de Impedancia                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>Total de Horas: 96</b><br><b>Créditos: 2</b> | <b>Tipo de curso:</b><br>Fundamental    Específico <input checked="" type="checkbox"/><br><b>Carácter:</b><br>Obligatoria <input type="checkbox"/> Opcional <input checked="" type="checkbox"/> |
| <b>Profesor</b><br>Dr. Osmany García Zaldívar/ Dr. Francisco Calderón Piñar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                 |                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Objetivo general</b><br><input type="checkbox"/> Formar al profesional en el conocimiento de la técnica de caracterización “Espectroscopia de Impedancias”. Que el estudiante conozca las bondades y potencialidades de la técnica para la caracterización de materiales (tanto sistemas sólidos como líquidos)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                 |                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Contenidos (temas)</b><br><br><b>Introducción y Generalidades</b><br><br>Definiciones básicas Espectroscopia de Impedancia (impedancia electroquímica). Fundamentos de la técnica. Trabajo con magnitudes complejas. Funcionamiento de la técnica y cuidados a tener durante la medición.<br><br><b>Sistemas dieléctricos:</b><br><br>Sistemas dieléctricos y mecanismos de polarización. Momento dipolar, polarización, permitividad dieléctrica, cargas libres y ligadas. Tiempos de respuesta (relajación) de diferentes mecanismos.<br><br><b>Uso de circuitos equivalentes:</b><br><br>Conceptos básicos. Elementos de circuito, trabajo con circuitos. Fundamentos del empleo de circuitos equivalentes para analizar respuesta eléctrica de sistemas reales. Equivalencia entre elementos de circuitos y magnitudes físico-químicas de los materiales. Propuesta de modelos de circuitos equivalentes.<br><br><b>Curvas de Impedancia</b><br><br>Representaciones más comunes de las curvas de impedancia: gráficos de Bode y de Nyquist. Interpretación: Información cualitativa y cuantitativa de las curvas.<br><br><b>Aplicaciones</b><br><br>Uso de la espectroscopia de impedancias para el estudio de diferentes sistemas físicos y químicos. Definición. Conectividad. Clasificación de propiedades resultantes. Relación entre conectividad y propiedades resultantes. Aplicaciones |                                                 |                                                                                                                                                                                                 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Objetivos específicos</b> (habilidades a adquirir por parte de los estudiantes)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Que los estudiantes adquieran los conocimientos necesarios sobre los fundamentos y potencialidades de la técnica.</li> <li>• Adquieran las habilidades experimentales básicas, que le permitan caracterizar cualquier dieléctrico por la técnica de espectroscopia de impedancias.</li> <li>• Que tengan los elementos necesarios para análisis de curvas de impedancia y los criterios para proponer circuitos equivalentes para el estudio de sus materiales.</li> <li>• Adquirir habilidades básicas en la preparación de los sistemas a medir, teniendo en cuenta el diseño geométrico más conveniente para sus muestras y sus propósitos.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <p><b>Bibliografía fundamental</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Dielectric Phenomena in Solids, Kwan Chi Kao (2004)</li> <li>➤ J. R. Macdonald (Ed), "Impedance Spectroscopy". John &amp; Sons (2005).</li> <li>➤ P. V. Pávlov, "Física del estado sólido". Editorial Mir Moscú (1987).</li> <li>➤ A. K. Jonscher, "Dielectric Relaxation in Solid". Chelsea Dielectrics Press, London (1983).</li> <li>➤ A. K. Jonscher, "Universal Relaxation Law". Chelsea Dielectrics Press, London (1996).</li> <li>➤ Vadim F. Lvovich "Impedance S. Applications to Electrochemical and Dielectric Phenomena" John &amp; Sons 2012</li> <li>➤ Orazem-Tribollet "Electrochemical impedance spectroscopy" John &amp; Sons 2008</li> <li>➤ Physics of Ferroelectrics: Modern Perspective(2007)</li> <li>➤ Electroceramis Materials: Properties and Applications, Moulson 2003)</li> <li>➤ The Physics and Chemistry of Materials, Joel I. Gersten and F. W. Smith 2001</li> <li>➤ Buschow Dielectric Phenomena in Solids, Kwan Chi Kao (2004)</li> <li>➤ Lines M and Glass, "Principles and applications of Ferroelectrics and related materials". Claredon Press, Oxford, (1977).</li> </ul> <p><b>Bibliografía complementaria</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Internet. <ul style="list-style-type: none"> <li>• <input type="checkbox"/> Base bibliográfica de la Maestría y Doctorado.</li> </ul> </li> </ul> |
| <p><b>Sistema de evaluación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Seminarios.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <p><b>Formas de enseñanza</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conferencias (predomina la exposición del profesor),</li> <li>• Seminarios (predomina la participación de los estudiantes)</li> <li>• Clases prácticas (predomina la participación de los estudiantes)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

Actualización Enero 2019