



Universidad  
Nacional  
de Córdoba



Facultad de Matemática,  
Astronomía, Física y  
Computación

EXP-UNC: 0061383/2018

<b>TÍTULO:</b> Electrodeposición de metales: Principios y aplicaciones prácticas		
<b>AÑO:</b> 2019	<b>CUATRIMESTRE:</b> primero	<b>N° DE CRÉDITOS:</b> 3
<b>CARGA HORARIA:</b> 60 horas de teoría y 30 horas de práctica.		
<b>CARRERA/S:</b> Doctorado en Física		

### FUNDAMENTOS

El principal objetivo del curso es la aplicación de métodos electroquímicos al estudio de sistemas químicos y a la producción de materiales con propiedades catalíticas y/o magnéticas. Estas aplicaciones requieren de un entendimiento de los principios fundamentales de las reacciones en el electrodo y de las propiedades eléctricas de las interfaces electrodo-solución. Una rama importante de la electroquímica es la electrodeposición. En esta línea, la comprensión de los procesos que ocurren en la superficie y en el seno de los materiales que se preparan es de suma importancia para su posterior aplicación.

### OBJETIVOS

El objetivo del curso es mostrar un marco conceptual unificado e interdisciplinario que permita una mejor comprensión de las reacciones y metodologías a aplicar en la electrodeposición de nanoestructuras, multicapas, filmes finos, gruesos y su posterior caracterización. Se comenzará con temas básicos de la electroquímica para luego focalizarse en las reacciones de deposición/disolución, presentando mecanismos de nucleación y crecimiento de un cristal. Se estudiarán las características particulares de diferentes microestructuras obtenidas por electrodeposición, tales como láminas delgadas, nanohilos, nanopartículas y su relación con las propiedades magnéticas observadas.

### PROGRAMA

#### Unidad 1: Descripción de los modelos de doble capa electroquímica

- Modelo (simplificado) de Debye-Hückel.
- Modelo de la doble capa compacta de Helmholtz.
- Modelo de la carga difusa de Gouy-Chapman.
- Modelo de Stern. Modelo de la triple capa de Grahame

#### Unidad 2: Cinética y mecanismo de electrodeposición

- Cinética de transferencia de carga :Ecuación de Butler-Volmer. Ecuación de Tafel
- Influencia del transporte de masa sobre la cinética del electrodo. Derivación cinética de la ecuación de Nernst. Corriente límite difusional.
- Derivación cinética de la ecuación de Cottrell
- Reacciones multietapas. Control mixto (difusional- carga, difusional-migración iónica).

#### Unidad 3: Modelos de nucleación y crecimiento.

- Fundamentos de la electrocristalización de metales. Dinámica atómica.
- Adsorción localizada (2D). Deposición sub-potencial (UPD).
- Formación y crecimiento de un cristal. Energía de formación de un cluster, 3D ó 2D.
- Mecanismos de nucleación bi (2D) ó tridimensional (3D). Derivación de tamaño crítico y

*Handwritten notes and signatures:*  
A  
LF  
PC  
B



Universidad  
Nacional  
de Córdoba



Facultad de Matemática,  
Astronomía, Física y  
Computación

EXP-UNC: 0061383/2018

energía libre crítica de un cluster.

- Ley de Avrami, Nucleación instantánea o progresiva. Velocidad de nucleación 2D,3D. Crecimiento de núcleos independientes o interactuantes.
- Formación de monocapas y multicapas, (2D). Nucleación-coalescencia, (3D). Mecanismos de deposición. Volmer-Weber, Frank Var der Merwe and Stranski –Krastanov.
- Derivación de los modelos teóricos de nucleación y crecimiento 2D y 3D. Nucleación 2D y crecimiento con control cinético (Modelo Bewick,Fleischman and Thirsk). Nucleación 3D y crecimiento controlado por difusión (Modelo Scharifker-Hill , y modelo Scharifker-Mostany).
- Modelo de crecimiento de nanohilos (1D) ordenados en membranas porosas.
- Ajuste de curvas experimentales a modelos teóricos adimensionales de nucleación y crecimiento.

#### **Unidad 4: Método Monte Carlo**

Método Monte Carlo. Principios Básicos. Consideraciones estadísticas. Caminata Aleatoria. Integración Monte Carlo. Ejemplo de simulaciones. Cristales de Spin. Método de Metrópolis. Simulación por Monte Carlo de la nucleación y el crecimiento de un cristal.

#### **Unidad 5: Microestructuras**

Elementos de una microestructura. Dimensionalidad. Estructuras cristalinas y amorfas. Fases. Cristalografía. Textura cristalográfica. Morfología y distribuciones de tamaño y espacial de las fases. El problema del sustrato. Tensiones internas. Microestructura y propiedades de superficies. Técnicas experimentales para la caracterización de microestructuras electrodepositadas.

#### **Unidad 6: Propiedades sensibles a la estructura.**

Nanopartículas, Nanohilos, láminas delgadas y gruesas magnéticas. Relación proceso-microestructura-propiedades. Propiedades de histéresis magnética, de transporte de carga/spin y mecánicas de nanoestructuras electrodepositadas. Estabilidad de las microestructuras.

#### **Unidad 7: Práctico de laboratorio. Síntesis de materiales por electrodeposición y su caracterización**

Diferentes métodos electroquímicos: Potenciostáticos y/o Galvanostáticos, serán estudiados y discutidos previamente para luego ser aplicados en la síntesis de un material (metal, óxido metálico, etc) por electrodeposición. La posterior caracterización vía electroquímica y la evaluación de sus propiedades magnéticas y/o catalíticas completarán el práctico de laboratorio. Presentación escrita y oral de un informe de laboratorio.

#### **PRÁCTICAS**

Tema VII: Práctico de laboratorio. Síntesis de materiales por electrodeposición y su caracterización.

Diferentes métodos electroquímicos: Potenciostáticos y/o Galvanostáticos, serán estudiados y discutidos previamente para luego ser aplicados en la síntesis de un material (metal, óxido metálico, etc.) por electrodeposición. Su posterior caracterización vía electroquímica y la evaluación de sus propiedades magnéticas y/o catalíticas completarán el práctico de laboratorio. Presentación escrita y oral de un informe de laboratorio.

*Handwritten notes and signatures:*  
A large handwritten mark resembling a stylized 'e' or 'l' is on the left.  
Below it, the initials 'df' and 'PC' are written.  
At the bottom, there is a signature.



Universidad  
Nacional  
de Córdoba



Facultad de Matemática,  
Astronomía, Física y  
Computación

EXP-UNC: 0061383/2018

### BIBLIOGRAFÍA

1. Modern Electrochemistry. Volume 1. Ionics. Volume 2A. Fundamentals of Electrodeics. John O'M.Bockris and Amulya K.N.Reddy, and Maria Gamboa-Aldeco Second edition. Kluwer Academic Publishers. New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow, 2002.
2. Interfacial Electrochemistry. Elisabeth Santos and Wolfgang Schmickler. Second edition. Oxford University Press. 2010.
3. Fundamentals of Electrochemical deposition. Milan Paunovic, Mordechai Schlesinger. Wiley Intersciences. John Wiley & Sons, INC., second edition, 2006.
4. Electrochemical Phase Formation and Growth .E. Budevski , G. Staikov, W.J.Lorenz. VCH Verlagsgesellschaft mbH, D-69451 Weinheim (Federal Republic of Germany), 1996.
5. Electrocrystallization. Fundamentals of Nucleation and Growth. Alexander Milchev. Kluwer Academic Publishers :New York-Moscow,2002.
6. Theoretical and experimental studies of multiple nucleation. B.R. Scharifker and G Hills,. Electrochim. Acta 28(7) (1983) 879-889.
7. Modeling the Growth of Nanowire Arrays in Porous Membrane Templates. S. Blanco, R. Vargas, J. Mostany, b C. Borrás and B. R. Scharifker, Journal of The Electrochemical Society, 161 (8) (2014) E3341-E3347.
8. Stability of microstructure in metallic systems, J.W. Martin, R.D. Doherty, B. Cantor, (1997) Cambridge University Press, UK.
9. Introducción a la Ciencia y la Ingeniería de los Materiales. William D. Callister Jr. Ed. Reverte Buenos Aires. 2002.

### MODALIDAD DE EVALUACIÓN

El desarrollo experimental y defensa (escrita y oral) de un trabajo realizado en laboratorio y un examen final individual que abarcará los temas tratados durante el curso. Las preguntas se realizan en forma escrita e involucran el conocimiento de los conceptos fundamentales y sus aplicaciones a casos concretos.

Durante el dictado del curso se entregará regularmente cuestionarios de los distintos temas tratados, que deberán ser completados en un 80%.

### REQUERIMIENTOS PARA EL CURSADO

Este curso está orientado a alumnos de post-grado en disciplinas de las ciencias exactas, físicas y naturales. Se requieren conocimientos básicos de química, físico química y física de los materiales.

A  
df  
PE  
As