



Universidad  
Nacional  
de Córdoba



FAMAF  
Facultad de Matemática,  
Astronomía, Física y  
Computación

EXP-2020-199519-UNC-ME#FAMAF

PROGRAMA DE ASIGNATURA	
<b>ASIGNATURA:</b> Sistemas Magnéticos Basados en Carbono.	<b>AÑO:</b> 2020
<b>CARACTER:</b> Especialidad	<b>UBICACIÓN EN LA CARRERA:</b> 4° año 2° cuatrimestre
<b>CARRERA:</b> Licenciatura en Física	
<b>REGIMEN:</b> Cuatrimestral	<b>CARGA HORARIA:</b> 120 horas

#### FUNDAMENTACIÓN Y OBJETIVOS

El objetivo general del curso es introducir las generalidades sobre los distintos alótropos del carbono en interacción con nanoestructuras magnéticas, tales como nanohilos y nanotubos de Fe, Co y Ni. En particular, se estudian las propiedades estructurales, vibracionales, eléctricas y magnéticas de grafito, grafeno, fullerenos y nanotubos de carbono. Asimismo, la descripción de las nanoestructuras magnéticas individuales se realiza a través de herramientas de cálculo computacional.

Se espera que los estudiantes logren un manejo mínimo de algunas técnicas básicas experimentales, así como de cálculos micromagnéticos, actualmente de gran importancia en el campo de la Nanociencia y Nanotecnología.

#### CONTENIDO

##### 1. Introducción general: El Carbono

Breve reseña histórica. Características generales del carbono: Propiedades físicas y químicas. Hibridación  $sp$ ,  $sp^2$  y  $sp^3$ . Enlaces. Formas alotrópicas del carbono y sus óxidos. Dimensionalidad. Defectos cristalinos: puntuales, lineales, planos y volumétricos. Rol del Hidrógeno en las propiedades del carbono. Citotoxicidad y biocompatibilidad. Nanociencia y Nanotecnología del carbono. Ejercicios.

##### 2. Sistema tridimensional: Grafito, óxido de grafito y Diamante

Estructura cristalina del grafito vs diamante. Características generales de los sistemas grafiticos: color, dureza, sistemas cristalinos, transparencia, pureza, solubilidad. Clasificación de los distintos grafitos: kish, cristal, pirolítico altamente orientado, nanoestructurado, natural y amorfo. Óxido de grafito. Propiedades estructurales, vibracionales, térmicas, ópticas, eléctricas y magnéticas. Métodos de obtención y producción. Aplicaciones. Ejercicios.

##### 3. Sistemas bidimensionales: Grafeno y óxido de grafeno

Breve reseña histórica. Propiedades estructurales, vibracionales, eléctricas, electroquímicas y magnéticas. Comportamiento metálico y efecto de campo eléctrico, electrones del grafeno, fermiones Dirac sin masa, efecto Hall cuántico anómalo. Quiralidad. Terminaciones de borde: zig-zag y armchair. Rol de defectos. Óxido de grafeno y óxido de grafeno reducido: propiedades generales. Métodos de obtención y producción: micro-exfoliación mecánica, deposición química de vapor, descomposición térmica de carburo de silicio, ablación láser, decapado iónico y etching químico, sonicación, método de Hummers. Ventajas y desventajas de los distintos métodos. Dispersiones y composites de óxido de grafeno. Aplicaciones. Ejercicios.

##### 4. Sistemas unidimensionales: Nanotubos de Carbono

Breve reseña histórica. Nanotubos de pared simple y de pared múltiple. Propiedades estructurales, vibracionales, eléctricas y magnéticas: efectos de curva y nanotubos de pequeño diámetro. Métodos de obtención y producción: descarga en arco eléctrico, ablación láser, deposición química en fase vapor, molienda de alta energía. Composites de nanotubos magnéticos. Aplicaciones. Ejercicios.

##### 5. Sistemas cero-dimensional: Fullerenos



Universidad  
Nacional  
de Córdoba



**FAMA F**  
Facultad de Matemática,  
Astronomía, Física y  
Computación

EXP-2020-199519-UNC-ME#FAMA F

Breve reseña histórica. Clasificación de fullerenos: heterofullerenos, endohédricos, exohédricos, de estructura parcial, estructura huésped-anfitrión y de estructura abierta. HOMO y LUMO, rol de defectos, polimerización. Métodos de obtención y producción: descarga en arco eléctrico en atmósfera inerte, vaporización con láser y expansión supersónica, combustiones, naturales. Aplicaciones. Ejercicios.

## **6. Introducción a técnicas de caracterización estructural, magnética y electroquímica**

Difracción de rayos X: Difracción por un cristal, por cristales poliatómicos y redes monoatómicas con bases. Formulación de Bragg Difracción de electrones y neutrones. Dispositivos experimentales. Difractogramas característicos de los distintos alótropos del carbono y nanoestructuras magnéticas.

Espectroscopía y Microscopía Raman: Conceptos generales. Dispersión Raman Stokes y anti-Stokes. Resolución lateral y de profundidad.

Microscopía de Sonda de Barrido (SPM): Conceptos generales. Microscopía de Fuerza atómica (AFM). Modos de operación: contacto, intermitente y no-contacto. Resolución espacial y temporal. Dispositivos experimentales: sistema de detección, sensores de fuerza. Microscopía de efecto túnel. Ventajas y limitaciones. Análisis de imágenes de sistemas basados en el carbono y nanoestructuras. Ejercicios

Magnetometría de muestra vibrante (VSM). Conceptos generales. Sensibilidad. Configuración experimental. Microscopía de Fuerza Magnética. Ventajas y limitaciones. Análisis de ejemplos.

Espectroscopía de Impedancia electroquímica: La interfase electroquímica. Procesos electroquímicos. Fundamentos teóricos de la técnica. Formalismo matemático. Aspectos experimentales. Ventajas y desventajas. Los análogos eléctricos y los procesos químicos. Modelos físicos y electroquímicos. Aplicaciones en el estudio de sistemas carbonosos.

## **7. Introducción al micromagnetismo**

Fundamentos básicos del micromagnetismo: Teoría de dominio y modelo micromagnético. Energías involucradas. Ecuación de movimiento

Simulación de procesos micromagnéticos: Estados de equilibrio. Minimización de la energía. Ciclos de histéresis. Procesos de reversión de la magnetización.

Herramientas de simulación micromagnética: uso del software Object Oriented MicroMagnetic Framework (OOMMF). Selección de parámetros. Simulación de nanoestructuras cilíndricas para evaluar propiedades dependientes de la geometría, el tamaño y la composición que determinan el ordenamiento de los momentos magnéticos en nanoestructuras de baja dimensionalidad.

Acceso a Mendieta, CCAD-UNC.

## **8. Funcionalización de sistemas basados en el carbono**

Fabricación de nanoestructuras de alúmina. Síntesis de nanohilos magnéticos. Generación de defectos por irradiación en superficies de grafito. Generación de películas de óxido de grafeno y óxido de grafeno reducido, por vía seca y vía húmeda, sobre distintos sustratos. Formación de compósitos/híbridos carbonosos con decoraciones magnéticas.

### **BIBLIOGRAFÍA**

#### **BIBLIOGRAFÍA BÁSICA**

- Ashcroft NW and Mermin ND, Solid State Physics, Holt Riehart and Winston, New York, 1976.
- Kittel C, Introduction to Solid State Physics, 8th edn, John Wiley and Sons, Inc., New York, 1996.
- Ziman J. M., Electrons and phonons. Oxford University Press.
- Foa-Torres L, Roche S and Charlier J.C., Introduction to Graphene-based nanomaterials: From electronic structure to quantum transport, Cambridge University Press, New York, 2014.

#### **BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA**

- Messina and Santagelo, Carbon: the future material for advanced technology applications, Springer on line, Vol. 100, 2006.



Universidad  
Nacional  
de Córdoba



**FAMAF**  
Facultad de Matemática,  
Astronomía, Física y  
Computación

EXP-2020-199519-UNC-ME#FAMAF

- Manero P.J, Tesis doctoral: Materiales nanoestructurados basados en polianilina, nanotubos de carbon y grafeno, Zaragoza, 2011.
- Jorio A., Dresselhaus M. Saito R. and Dresselhaus G., Raman spectroscopy in Graphene-related systems, 1st Edition, John Wiley- VCH, Inc. New York, 2011.
- [http://www.veeco.com/pdfs/library/SPM\\_Guide\\_0829\\_05\\_166.pdf](http://www.veeco.com/pdfs/library/SPM_Guide_0829_05_166.pdf).
- Allen J. Bard, Larry R. Faulkner. Electrochemical Methods. Fundamentals and Applications. 2da Edición. 2001 John Wiley & Sons, Inc.
- E. Barsoukov, J. R. Macdonald. Impedance Spectroscopy. Theory, experiment and applications. 2da. Edición. 2005 John Wiley & Sons, Inc.
- Artículos científicos seleccionados por los docentes

## EVALUACIÓN

### FORMAS DE EVALUACIÓN

Se evaluará el desempeño en los Trabajos de Laboratorio y se calificarán los informes de los mismos. Cada alumno presentará al finalizar la materia (por escrito y exposición oral) un Trabajo de Integración, desarrollado de acuerdo al sistema objeto de estudio asignado. Se aprobará con puntaje mayor o igual a siete puntos. Dependiendo del contexto relacionado al COVID19, podrán reemplazarse algunas actividades presenciales por otras en modalidad virtual.

### REGULARIDAD

Aprobar al menos el 60% de los Trabajos Prácticos o de Laboratorio.

### PROMOCIÓN

Aprobar un coloquio.

## CORRELATIVIDADES

Para cursar, tener regularizadas:

Física Experimental II, Física Experimental III y Física Experimental IV.

Para rendir, tener aprobadas:

Física Experimental II, Física Experimental III y Física Experimental IV.