

# Facultad de Ciencias Exactas – Universidad Nacional de La Plata

## Curso de Postgrado

Año	2021	Semestre	primero
<b>Nombre del Curso</b>			
Magnetismo y materiales magnéticos, nanomateriales.			
<b>Profesor Responsable (indicando las horas que participa en el dictado de clases)</b>			
Francisco H. Sánchez – 66 hs			
<b>Docentes Participantes (indicando las horas que participa en el dictado de clases)</b>			
Francisco H. Sánchez (FCE-UNLP) – 66 hs			
Claudia Rodríguez Torres (FCE-UNLP) – 66 hs			
Pedro Mendoza Zélis (FI-UNLP) – 66 hs			
Laura Steren – 4 hs (FCEN-UBA)			
Leandro Socolovsky – 2 hs (CIT Santa Cruz, UTN - FRSC)			
Verónica Lassalle – 2 hs (INQUISUR, Departamento de Química – UNS)			
Diego Muraca – 2 hs (UNICAMP – LNNANO, Campinas, Brasil)			
Jean-Marc Greneche – 4 hs (IMMM – Le Mans Université, Francia)			
Juan Gabriel Ramírez Rojas – 2 hs (UNIANDES, Bogotá, Colombia)			
Yenny Rocío Hernández – 2 hs (UNIANDES, Bogotá, Colombia)			
<b>Duración Total (en horas)</b>		66 hs	
<b>Modalidad</b> (Teórico, teórico-práctico, seminario, etc)		Teórico – Práctico (ejercitación)	
<b>Tipo de evaluación prevista</b>		Coloquio	
<b>Especificación clara si se lo considera válido para cubrir exigencias del Doctorado.</b>			
Válido para el Doctorado de la Facultad de Ciencias Exactas			
<b>Fecha de dictado</b>	Primer semestre 2021	<b>Cupo de alumnos</b>	30
<b>Inscripción desde</b>	01/03/2021	<b>Hasta el día</b>	05/03/2021
<b>Exigencias y requisitos de inscripción</b>			
Licenciado/a de la Facultad de Ciencias Exactas o equivalente, Licenciados o Doctores en Física, Física Médica, o Química, Ingenieros Físicos.			
<b>Arancelamiento</b>			
NO	X	SÍ	Montos

Destino de los fondos	
Mecanismo de pago	
Breve resumen de los objetivos y contenidos	
<p>Se presentarán los aspectos básicos del magnetismo en materiales, en particular su origen asociado a las corrientes y el espín electrónicos y las cantidades magnéticas básicas.</p> <p>Se introducirán las interacciones que determinan la estructura magnética: energía de intercambio, de anisotropía, magnetostática (incluyendo interacciones entre partículas monodominio), de interfaz, etc.</p> <p>Se describirá y analizará el orden magnético de largo alcance estable observado en materiales y su dependencia con la temperatura.</p> <p>Se presentarán las técnicas de medición más difundidas tales como magnetometría dc y ac (en un amplio rango de frecuencias), espectroscopía de efecto Mössbauer, microscopía óptica y electrónica de alta resolución, etc. Se discutirá su correcta utilización siguiendo protocolos específicos, y se enfatizará la necesaria complementación con técnicas de caracterización estructural adecuadas. Se introducirán los principales parámetros derivables del análisis de curvas de Magnetización vs. campo y vs. temperatura.</p> <p>Se discutirán materiales en los que al menos una dimensión es nanométrica: películas delgadas, nanohilos y nanopartículas. Se abordará el efecto de la reducción de tamaño y sus consecuencias: la influencia creciente de la relación superficie a volumen, el favorecimiento del estado monodominio en sistemas “0d” (nanopartículas de materiales ferro y ferrimagnético) y la relajación del momento magnético de un nano-objeto debido a fluctuaciones térmicas, dentro de la escala temporal del experimento o la de interés de la aplicación.</p> <p>En las últimas clases se introducirán algunas aplicaciones (magnetismo en óxidos de interés tecnológico, espintrónica, efectos de interfaces, aplicaciones a la biomedicina, modelado de ciclos M vs. H y desarrollo de funciones de ajuste, observación óptica de microestructuras en coloides, observaciones por HRTEM).</p> <p>En estas últimas clases participarán colaboradores expertos que introducirán brevemente el tema y discutirán alguna línea de investigación original a desarrollarse en lo inmediato en sus laboratorios.</p>	
Contacto con el responsable	

Dirección	Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas, UNLP, subsuelo, oficina 6. Instituto de Física de La Plata, segundo piso, oficina 239.		
Teléfono	0221 15 548 8114	Fax	
Correo electrónico	<a href="mailto:quiquesanchezt@gmail.com">quiquesanchezt@gmail.com</a> , <a href="mailto:sanchez@fisica.unlp.edu.ar">sanchez@fisica.unlp.edu.ar</a>		

Adjuntar programa detallado de actividades

### Magnetismo y materiales magnéticos, nanomateriales

Las actividades teóricas y prácticas se intercalarán a lo largo del curso. Se realizarán clases prácticas de problemas.

### Programa

1. Origen del momento magnético en materiales: corrientes y espín electrónicos. Magnetización. Campo magnético, inducción magnética, nomenclatura y unidades. Interacción del momento con un campo aplicado, energía, fuerza y torque asociados. Ecuación de Landau-Lifshitz-Gilbert, efectos disipativos. Permeabilidad y susceptibilidad.
2. Diamagnetismo y paramagnetismo. Magnetismo localizado. Momento de iones paramagnéticos. Leyes de Curie y Curie-Weiss. Respuesta de un paramagneto al campo aplicado. Funciones de Brillouin y Langevin.
3. Magnetización espontánea. Interacción de intercambio. intercambio directo, superintercambio, doble intercambio, intercambio indirecto de Ruderman-Kittel-Kasuya-Yosida, intercambio anisotrópico de Dzyaloshinskii-Moriya.
4. Orden magnético. Ferromagnetos, antiferromagnetos, ferrimagnetos.
5. Anisotropía magnética. Anisotropía magneto-cristalina. Interacción magneto-elástica. Anisotropía de intercambio.
6. Interacción magnetoestática. Efectos (anisotropía) de forma. Campo y tensor desmagnetizantes. Remanencia e histéresis.
7. Partículas monodominio. Modelo de Stoner-Wohlfarth a  $T = 0$  K. Extensión a temperatura finita. Relajación magnética. Superparamagnetismo. Superparamagneto anisotrópico, superparamagneto interactuante (tensor desmagnetizante efectivo). Condición para el bloqueo magnético, respuesta dentro y fuera del equilibrio. Ventana temporal del experimento, medidas ac, estudios Mössbauer. Películas delgadas, nano y microhilos, nanopilares.
8. Técnicas y estudios experimentales. Buenas prácticas de medición, selección de protocolos adecuados. Experimentos dc y ac, disipación de potencia a altas frecuencias, SAR (Specific Absorption Rate). Modelado de ciclos, funciones de ajuste. Formas correctas de presentar los resultados.

Clases especiales:

- \*Claudia Rodríguez Torres (UNLP): Magnetismo en óxidos: interacciones de intercambio y el rol de los defectos.
- \*Laura Steren (UBA): Espintrónica. Efectos de Interfaces y heteroestructuras.
- \*Leandro Socolovsky (CIT Santa Cruz, UTN - FRSC): Espintrónica y sistemas granulares.
- \*Pedro Mendoza Zélis (UNLP): Hipertermia magnética. Mediciones CSAR (Calorimetric SAR) vs. ESAR (Electromagnetic [inductive] SAR). Modelado de ciclos para dispersiones coloidales y monolíticas de nanopartículas, y desarrollo de funciones de ajuste.
- \*Jean–Marc Greneche (IMMM – Le Mans Université, Francia): Efectos de la nanoestructura sobre el magnetismo, superficies, interfaces, proximidad, defectos.
- \*Verónica Lassalle (INQUISUR, Departamento de Química – UNS): Síntesis de nanopartículas magnéticas funcionalizadas para aplicaciones biomédicas: Diseño de agentes teranósticos magnéticos.
- \*Diego Muraca (UNICAMP – LNNANO, Campinas, Brasil): Microscopía Electrónica de Alta Resolución de Nanomateriales Magnéticos.
- \*Juan Gabriel Ramírez Rojas (UNIANDES, Bogotá, Colombia): Dinámica de magnetismo y resonancia ferromagnética en películas delgadas y nanopartículas.
- \*Yenny Rocío Hernández (UNIANDES, Bogotá, Colombia): Fabricación de Nanomateriales 0D hasta 2D.

Todos los docentes argentinos son investigadores del CONICET

## Bibliografía

- Introduction to magnetic materials, B. D. Cullity and C. D. Graham, Wiley, 2009
- Amikam Aharoni, Introduction to the Theory of Ferromagnetism, Clarendon Press, 2000.
- Nicola A. Spaldin, Magnetic Materials, Fundamentals and Applications. Cambridge University Press, 2011.
- Alex Hubert and Rudolf Schäfer, Magnetic Domains. The Analysis of Magnetic Microstructures. Springer-Verlag, 1998.
- Vijay K. Varadan, Linfeng Chen and Jining Xie. Nanomedicine. Design and applications of magnetic nanomaterials, nanosensors and nanosystems. John Wiley & Sons, 2008.

Destinatarios: Licenciados o Doctores en Física, Física Médica, o Química, Ingenieros Físicos.

Cupo: 30 participantes.

Modalidad: a distancia (on line mediante plataforma Classroom de Google, usando la cuenta institucional provista por la FCE-UNLP al docente responsable). Dos clases semanales (lunes y viernes) de 2 hs. Cada una. Duración: 14 semanas. Un participante por clase dispondrá de 8 minutos para compartir, a grandes rasgos, aspectos de su proyecto de investigación.

El curso incluye ejercicios y problemas a resolver por los participantes.

Dr. Francisco H. Sánchez