



1821 Universidad de Buenos Aires

Resolución Consejo Directivo

Número:

Referencia: EX-2025-04809590- -UBA-DMESA#FCEN - POSTGRADO - Sesión
27/10/2025

VISTO:

La nota presentada por la Dirección del Departamento de Física, mediante la cual eleva la información del curso de posgrado **Introducción a la Nanofotónica (DOC8800505)** para el año 2025,

CONSIDERANDO:

lo actuado por la Comisión de Doctorado,

lo actuado por este Cuerpo en la sesión realizada el día 27 de octubre de 2025,

en uso de las atribuciones que le confiere el Artículo 113° del Estatuto Universitario,

EL CONSEJO DIRECTIVO DE LA FACULTAD

DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

RESUELVE:

ARTÍCULO 1°: Aprobar el dictado del curso de posgrado **Introducción a la Nanofotónica (DOC8800505)** de 40 horas y 2 semanas de duración, que será dictado por los Dres. Alejandro Giacomotti y Laura Estrada.

ARTÍCULO 2°: Aprobar el programa del curso de posgrado **Introducción a la Nanofotónica (DOC8800505)** que como anexo forma parte de la presente Resolución, para su dictado durante octubre de 2025.

ARTÍCULO 3°: Aprobar un puntaje máximo de dos (2) puntos para la Carrera de Doctorado.

ARTÍCULO 4°: Establecer un arancel de **CATEGORÍA NULA**.

ARTÍCULO 5°: Disponer que, de no mediar modificaciones en el programa, la carga horaria y el arancel, el presente Curso de Posgrado tendrá una vigencia de cinco (5) años a partir de la fecha de la presente Resolución.

ARTÍCULO 6°: Comuníquese a todos los Departamentos Docentes, a la Dirección de Estudiantes y Graduados, a la Biblioteca de la FCEyN y a la Secretaría de Posgrado con copia del programa incluida. Cumplido, pase a FÍSICA#FCEN y resérvese.

ANEXO

Introducción a la Nanofotónica

PROGRAMA

La nanofotónica estudia las propiedades físicas del campo electromagnético en medios materiales estructurados en una escala nanométrica. Esta disciplina, donde convergen el electromagnetismo, la óptica, la ciencia de materiales, la física cuántica y la electrónica, ha experimentado un crecimiento fulgurante en los últimos años. Esto obedece, por un lado, a un interés fundamental (el estudio de la interacción de la luz y la materia en el mundo nanométrico), y por otro a un gran número de aplicaciones posibles que van desde los circuitos fotónicos integrados hasta los bio-sensores.

Esta materia es una primera introducción al tema. Nos concentraremos en dos sistemas emblemáticos: la plasmónica y los cristales fotónicos, y veremos finalmente de qué manera permiten modelar “a voluntad” las propiedades del campo electromagnético, y sus interacciones con el medio material.

El objetivo es que se adquiera una base de conocimiento –a la vez fundamental pero siempre en relación con aplicaciones concretas– que será útil para todo aquél que siga una especialidad relacionada de cerca (o de lejos) con la fotónica y/o los nanomateriales. En cuanto a las aplicaciones, haremos especial hincapié en bio-sensing óptico. Pero no sólo eso: aprenderemos a usar códigos de simulación numérica escritos en Python de libre acceso, relativamente sencillos pero a la vez performantes: quiere decir que podremos incursionar ya en el diseño y la modelización de sistemas reales, que se estudian cotidianamente en diferentes laboratorios de todo el mundo...

La materia se organiza en tres partes: una “Introducción general”, una parte dedicada a “Plasmónica” y otra a “Óptica guiada en medios dieléctricos”. Consiste en 6 clases teóricas de 2 hs cada una, y 5 clases prácticas en computadora de entre 3 y 4 hs cada una: tres relativas a los plasmones localizados, y dos para la parte de óptica guiada y cristales fotónicos.

- Clase teórica 1 (2h): “Introducción”

Introducción general

1. ¿Qué es la nanofotónica?

- 1.1.1 La copa de Lycurgus: un ejemplo de “nanotecnología” del siglo IV...
- 1.1.2 De la fibra óptica a las aplicaciones recientes de la nanofotónica
- 1.1.3 Un puente entre la óptica y la electrónica
- 1.2 Propagación de la luz en un medio dieléctrico lineal y uniforme: índice de refracción y constante de absorción
- 1.3 Efectos de confinamiento espacial: dispersión de la luz en partículas sub-micrométricas resonantes (difusión de Rayleigh)
- 1.4 Confinamiento sub-longitud de onda de la luz en metales: la nanoplasmonica
- 1.5 La noción de “color” de un objeto iluminado
- 1.6 Nano-fuentes de luz: pozos, hilos y puntos cuánticos ...

- Clase teórica 2 (2.5h): “Plasmones de superficie propagativos (SPP)”

2. Plasmónica

- 2.1 Electromagnetismo de los metales
- 2.2 La función dieléctrica del gas de electrones libres: modelo de Drude
- 2.3 Metales reales y transiciones interbanda
- 2.4 Plasmones de superficie propagativos (SPP): interface única, interfaces múltiples
- 2.5 Confinamiento de la energía y longitud efectiva de propagación
- 2.6 Métodos experimentales de excitación de SPPs
 - Clase práctica en computadora—simulaciones en Python (3h). Ejercicio 1: “Optics in metals and at metallic interfaces”
 - Clase teórica 3 (2.5h): “Plasmones localizados (LSP)”
- 2.7 Plasmones de superficie localizados (LSP). Modelo quasi-estático
- 2.8 Polarizabilidad. Secciones eficaces de absorción y extinción
- 2.9 Correcciones a la aproximación quasi-estática y tiempo de vida del LSP
- 2.10 Partículas reales: observaciones de LSPs. Acople entre plasmones

- Clase práctica en computadora—simulaciones en Python (3h). Ejercicio 2: “Que nanopartículas contiene la copa de Lycurgus?”
- Clase teórica 4 (2.5h): “Tecnología y aplicaciones”

2.11 Tecnología de fabricación.

2.12 Una aplicación de la nanofotónica: color estructural

2.13 Introducción al bio-sensing

2.14 Nanosensores de índice de refracción basados en SPP

2.15 Nanosensores de índice de refracción basados en LSP

2.16 Materiales nano-estructurados para bio-sensing y bio-imaging

- Clase práctica en computadora—simulaciones en Python (3h): Ejercicio 3: “Simulación de un sensor óptico a base de resonancias plasmonicas”
- Clase teórica 5 (2.5h): “Óptica en medios dieléctricos periódicos: Cristales fotónicos”

3. Cristales fotónicos

3.1 Cristales fotónicos. Generalidades. De los espejos de Bragg a los cristales fotónicos.

3.2 Cristales fotónicos 1D

3.5.1 Solución aproximada de las ecuaciones de Maxwell en 1D

3.5.2 Teorema de Bloch

3.5.2 Diagramas de bandas: banda prohibida, zonas de Brillouin, repliegue de bandas.

3.3 Cristales fotónicos 2D

3.6.1 Generalidades: espacio real, espacio recíproco, puntos de alta simetría.

3.6.2 Método de expansión en ondas planas (PWE).

3.6.3 Ejemplo: red cuadrada de pilares dieléctricos.

- Clase práctica en computadora—simulaciones en Python (3h). Ejercicio 4: “Cristales fotónicos 1D y 2D”
- Clase teórica 6 (2.5h): Cristales fotónicos 2D “slab”

3.4 Guías de onda dieléctricas

3.4.1 Guías de onda planares (1D): polarización TE y TM

3.4.2 Guías de onda ridge (2D): polarización quasi-TE y quasi-TM

3.5 Cristales fotónicos tipo « slab »

3.5.1 Generalidades: necesidad tecnológica, fabricación, simetrías.

3.5.2 Método de expansión en modos guiados (GME).

3.5.3 Ejemplo: red de columnas de aire en una película delgada semiconductor.

3.6 Modos de Bloch guiados vs radiativos: pérdidas de propagación y factor de calidad

3.7 Confinamiento óptico en defectos 1D: guía de ondas W1.

3.9 Confinamiento 0D: Nanocavidades ópticas dieléctricas o semiconductoras.

3.9 Aplicaciones: nano-láseres, conmutadores ópticos...

- Clase práctica en computadora—simulaciones en Python (3h). Ejercicio 5: “Guías de onda dieléctricas y cristales fotónicos ‘slab’”

Material y modalidad de examen:

- Clases teóricas: 14.5 hs

Se utilizarán transparencias Power Point, y se harán los cálculos más importantes en el pizarrón.

- Ejercicios numéricos: 15 hs (tutorials)

Las simulaciones numéricas estarán basadas en Python Jupyter Notebook. Usaremos los módulos de libre acceso:

- miepython para simular las secciones eficaces (Modelo de Mie)

- tmm para simular la reflectividad de plasmones de superficie (Transfer Matrix Method)

- Legume para simular guías de onda, que utiliza el método GME (Guided Mode Expansion)

- Evaluación: 5 hs simulaciones numéricas (preparación de la evaluación) + 5.5 hs evaluación oral (charlas)

La evaluación consta de dos partes: la mitad es la evaluación de las prácticas (los alumnos entregan los Notebook completados), y la otra mitad es una charla de algún

tema que lo alumnos eligen (típicamente basado en un paper), pero donde la consigna es utilizar alguno de los códigos de simulación para ilustrar alguno de los aspectos tratados en el paper, y/o reproducir un diseño o resultado. Se incluye un módulo de 5hs de simulaciones numéricas para su preparación.

BIBLIOGRAFIA

- S. A. Maier, Plasmonics: Fundamentals and Applications (Springer, 2007)
- John D. Joannopoulos, Steven G. Johnson, Joshua N. Winn and Robert D. Meade, Photonic Crystals: Molding the Flow of Light (Princeton University Press), Princeton, 2008
- K. Sakoda, Optical Properties of Photonic Crystals (Springer-Verlag), Berlin, 2005.
- L. C. Andreani, The Guided-Mode Expansion Method for Photonic Crystal Slabs, COST P11 Training School, Univ. of Nottingham, June 19-22, 2006. (<http://fisicavolta.unipv.it/dipartimento/ricerca/Fotonici/Index.htm>).