



## INTRODUCCIÓN A LA ÓPTICA EN MATERIALES MAGNÉTICOS Y NANOESTRUCTURAS

**Edgar Javier Patiño Zapata**

Nombre del curso: Introducción a la Óptica en Materiales Magnéticos y Nanoestructuras

Unidad académica: Departamento de física

Periodo académico: 2023 II

Horario: M-V, 9:30-10:50 Am

Nivel del curso: Pregrado y posgrado

Créditos: 3 y 4 (pregrado y posgrado). **El crédito adicional para posgrado radica en una semana mas de trabajo experimental y complejidad de los experimentos desarrollados con respecto a los estudiantes de pregrado.**

Prerrequisitos: Electromagnetismo 1 (pregrado), sin prerrequisitos (posgrado)

### **I. OBJETIVO GENERAL**

Ofrecer a los estudiantes los conceptos y herramientas matemáticas que permiten al estudiante la comprensión y modelamiento de la interacción radiación-materia con especial énfasis en los materiales hetero-estructurados (conductores nobles y ferromagnéticos) de dimensiones nanométricas. Se mostrará como en estos sistemas se presentan una serie de fenómenos relacionados con resonancia plasmónica y las propiedades magneto-ópticas de los materiales.

### **II. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Revisar los fundamentos básicos de la teoría electromagnética y la interacción con materiales isotrópicos, homogéneos y lineales.
- Estudiar el problema de la interacción radiación-materia para el caso de materiales isotrópicos hetero-estructurados.
- Explorar los formalismos más utilizados por la comunidad científica para el modelamiento de la propagación de ondas electromagnéticas en la materia.
- Estudiar los experimentos fundamentales para el estudio de las propiedades ópticas de estos materiales.
- Comprender los alcances de estas herramientas en aplicaciones.

### **III. METODOLOGÍA**

El curso comprende una parte teórica como eje central de estudio del mismo el cual se complementa con experimentación y modelamiento. Especialmente para estas dos últimas actividades se espera la participación activa de los estudiantes. Para las sesiones experimentales se divide en grupos pequeños los cuales desarrollan las prácticas del laboratorio indicadas, con énfasis en el análisis de los datos experimentales obtenidos. Este trabajo se complementa mediante talleres de simulación computacionales de interacción luz materia. Como punto de partida se describen programas desarrollados por el profesor y se pide al estudiante desarrollar sus propios programas. Se discute las dificultades de este tipo de experimentos y como se relaciona con las simulaciones teóricas. Se asignan tareas de consulta y ejercicios propuestos de forma rutinaria. Se estimula la exploración de como estos conocimientos pueden posibilitar aplicaciones prácticas.

### **IV. CONTENIDO TEMÁTICO**

Los siguientes son los temas a desarrollar en el curso:

#### **1. FUNDAMENTOS DE LA ÓPTICA ELECTROMAGNÉTICA (Semanas 1 y 2)**

- 1.1. Ecuaciones de Maxwell.
- 1.2. Ecuación de onda electromagnética.
- 1.3. Ondas electromagnéticas en la materia (respuesta lineal e isotrópica).
- 1.4. Polarización.
- 1.5. Medios dispersivos y absorbentes: relación de dispersión.
- 1.6. Constantes ópticas: relaciones entre las constantes ópticas.
- 1.7. Reflexión y transmisión de ondas polarizadas: coeficientes de Fresnel.

#### **2. ÓPTICA SISTEMAS MULTICAPAS (Semanas 3, 4 y 5)**

- 2.1. Óptica de multicapas homogéneas: Formulación matricial.
- 2.2. Óptica de monocapa homogéneas anisotrópicas (Opcional).
- 2.3. Método matriz de transferencia.

#### **3. ÓPTICA FÍSICA DE MEDIOS ISOTRÓPICOS (Semanas 6, 7 y 8)**

- 3.1. Relaciones de dispersión.
- 3.3. Teorías clásicas de las propiedades ópticas de los sólidos.
  - 3.3.1. Modelo de Lorentz.
  - 3.3.2. Modelo de Drude.
- 3.4. Teoría cuántica de la absorción y dispersión (opcional).

#### **4. RESONANCIAS ÓPTICAS: PLASMONES (Semanas 9, 10 y 11)**

- 4.1. Plasmones y ecuación de onda.
- 4.2. Plasmones superficiales propagantes.
  - 4.2.1. Plasmones superficiales en interfaces sencillas.
  - 4.2.2. Plasmones en Sistemas multicapas.
  - 4.2.3. Excitación de plasmones superficiales en interfaces planas.

- 4.2.4. Detección de plasmones superficiales propagantes.
- 4.4. Plasmones superficiales localizados.

## **5. MAGNETO PLASMÓNICA (Semanas 12 y 13)**

- 5.1. Introducción: materiales magnéticos.
- 5.2. Sistemas multicapas con capa magnética.
- 5.3. Método matriz de Scattering.
- 5.4. Efecto MOKE.
- 5.5. Incremento de la señal magneto-óptica en presencia de plasmones.

## **6. PRÁCTICAS DE LABORATORIO (2 semanas (pregrado) a 3 semanas (postgrado) durante el semestre dependiendo de número de inscritos)**

- 6.1. Resonancia plasmónica.
- 6.2 Efecto magneto-Óptico Kerr.
- 6.3 Resonancia magneto plasmónica.

## **V. EVALUACIÓN**

La evaluación del curso se realizará de la siguiente forma:

1. Examen parcial I: (20%): 23 de septiembre.
2. Examen parcial II: (20%): 18 de noviembre.
3. Examen final (35 %): 2 de diciembre.
4. Tareas, talleres y presentaciones (15%)
5. Informes de Laboratorio (10 %)

NOTA: Las notas serán aproximadas a un decimal, eg. 3.0 desde 2.95 y superior.

## **VI. BIBLIOGRAFÍA**

- Griffiths, D. J. & College, R. Introduction to electrodynamics, Prentice Hall Upper Saddle River, NJ, 1999.
- Hecht, E. Optics, 4th International edition, Addison-Wesley, San Francisco, 2002.
- Yeh, P. Optical waves in layered media Wiley-Interscience, 2005.
- Maier, S. A. Plasmonics: Fundamentals and applications, Springer Science & Business Media, 2007.
- Zvezdin, A. & Kotov, V. Modern magneto-optics and modern magneto-optic materials Institute of Physics Publishing, Bristol, UK, 1997.