

NOMBRE DE LA ASIGNATURA O UNIDAD DE APRENDIZAJE

# CRISTALES FOTÓNICOS

CICLO

**OPTATIVA**

CLAVE DE LA ASIGNATURA

**OPH08**

## OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DE LA ASIGNATURA

Introducir al estudiante al estudio de la interacción de la luz con cristales fotónicos, con un enfoque de óptica de alto nivel, que incluye el uso de métodos matemáticos avanzados, teoría electromagnética y métodos numéricos para el análisis de estos sistemas cuya función dieléctrica es periódica.

**Prerrequisitos:** Electromagnetismo para la Óptica, Métodos Matemáticos y Programación en cualquier lenguaje o fortran.

## TEMAS Y SUBTEMAS

1. **I. Introducción a los cristales fotónicos** (1 sesión)
2. **Teoría básica de redes cristalinas** (3 sesiones)
  - 2.1 Cristales 1D, 2D, y 3D
  - 2.2 Redes y vectores de traslación
  - 2.3 La celda primitiva
  - 2.4 Redes de Bravais
  - 2.5 Direcciones y planos cristalinos: notación de índices
  - 2.6 Difracción de ondas en cristales: Ley de Bragg
  - 2.7 Amplitud de la onda esparcida
  - 2.8 Análisis de Fourier 1, 2, 3D
  - 2.9 Los vectores de la red recíproca
  - 2.10 Condiciones de difracción
  - 2.11 Las zonas de Brillouin
  - 2.12 Redes: hexagonal, sc, bcc, fcc
3. **Estructura de bandas y modos resonantes en cristales 2 y 3D** (12 sesiones)
  - 3.1 Método de expansión ondas planas
  - 3.2 Las ecuaciones de onda en medios inhomogéneos
  - 3.3 El teorema de Bloch
  - 3.4 Expansión de ondas planas caso unidimensional
    - 3.4.1 Estructura de bandas
  - 3.5 Expansión de ondas planas caso bidimensional
    - 3.5.1 Estructura de bandas: celda cuadrada, celda hexagonal
    - 3.5.2 Cálculo de Eigencampos
  - 3.6 Expansión de ondas planas en sistemas 3D
    - 3.6.1 Estructura de bandas de redes: cubica simple sc, bcc y fcc
    - 3.6.2 El método de la supercelda: modos de guía, y superficie
  - 3.7 El método de la supercelda para determinar modos resonantes
  - 3.8 Modos de guía de onda
  - 3.9 Modos superficie y modos localizados
4. **Propagación de la luz en cristales fotónicos 2D** (14 horas)
  - 4.1 El método integral 2D
    - 4.1.1 La ecuación de Helmholtz

- 4.1.2 Segunda Identidad de Green (general)
- 4.1.3 Funciones de Green: función de Hankel para espacio libre
- 4.1.4 Segunda Identidad de Green y la ecuación de Helmholtz 2D
- 4.1.5 La ecuación de Laplace y el método integral:
  - 4.1.5.1 Cálculo del potencial en sistemas complejos 2D
- 4.1.6 Solución numérica de las ecuaciones integrales
- 4.1.7 Parametrización de curvas en el plano
- 4.1.8 Derivadas de orden superior respecto a longitud de arco
- 4.2 Condiciones de frontera para los campos y su derivada normal
- 4.3 Cálculo del campo cercano y lejano en un cristal 2D
- 4.4 Propagación en guías de onda en cristales
- 4.5 El teorema de Bloch y el método integral
- 4.6 Métodos integrales en 3D: Breve reseña
- 4.7 El método de diferencias finitas con dominio en el tiempo FDTD

## 5 Técnicas experimentales de fabricación de cristales fotónicos (4 horas)

- 5.1 Fotolitografía por haz de electrones
- 5.2 Autoensamble de partículas en suspensión coloidal
- 5.3 Nanograbado mediante láser de femtosegundos
- 5.4 Fotolitografía holográfica
  - 5.4.1 Modelado de interferencia de 4 haces y las 14 redes de Bravais
    - 5.4.1.1 Configuración de paraguas, máscaras de fase
- 5.5 Sensores de interferómetros integrados a la red de cristal fotónico
- 5.6 Introducción de medios activos: conmutadores, láseres, moduladores

## ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

- i) **Frente a docente:** Se cubre un total de 28 sesiones de una hora y media con la participación activa del estudiante. Se contemplan cuatro experimentos de modelado numérico para la propagación de la luz en cristales fotónicos, el cálculo de estructura de bandas y modos resonantes.
- ii) **Independientes:** El estudiante realiza tareas diversas fuera del aula, como realización de tareas y reportes de laboratorio.

## CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION Y ACREDITACION

30% tareas y experimentos numéricos

70% exámenes

## BIBLIOGRAFÍA

1	Introduction to Solid State Physics	Charles Kittel	J. Willey, 2005	8a Ed.
2	Photonic Crystals Theory Applications and Fabrication	D. W. Prather et al	Wiley 2009	1a Ed.
3	Photonic crystals	K. Inoue, K. Ohtaka	Springer, 2004	1a Ed.
4	Photonic Crystals Molding the Flow of Light	J. D. Joannopoulos S. G. Johnson R. D. Meade	Princeton University Press	2a Ed.