NOMBRE**: CRISTALES FOTÓNICOS Y METAMATERIALES**

CLAVE: O

CICLO: 2-3 SEMESTRE

PERFIL DEL DOCENTE: DOCTOR EN CIENCIAS (FÍSICA u ÓPTICA)

HRS./SEM.: 4 (4 hrs. en aula)

**Objetivo:** El estudiante, al finalizar el curso, conocerá las bases fundamentales de Cristales fotónicos, metamateriales y estructuras plasmónicas, que le permitirán manejar métodos numéricos rigurosos como una herramienta indispensable tanto en el modelado de los sistemas periódicos como en el aprendizaje e investigación de otras áreas afines de la óptica e ingeniería física.

**TEMAS Y SUBTEMAS (5)**

**1. INTRODUCCIÓN A LA FÍSICA DE ESTADO SÓLIDO**

1.1 Estructuras cristalinas

1.1.1 Arreglos periódicos de átomos

1.1.2 Tipos de redes fundamentales

1.1.3 Sistemas de índices para planos cristalinos

1.1.4 Estructuras cristalinas simples

1.2 Redes recíprocas

1.2.1 Difracción de ondas por cristales

1.2.2 Amplitud de onda esparcida

1.2.3 Zonas de Brillouin

1.3 Bandas de energía

1.3.1 Modelo del electrón libre

1.3.2 Funciones de Bloch

1.3.3 Ejemplo: Modelo de Kronig-Penney

**2. FUNDAMENTOS DE ÓPTICA DE ONDAS**

* 1. Modelos teóricos
     1. Óptica de ondas
     2. Óptica geométrica
  2. Propagación de ondas – Ecuaciones de Maxwell
     1. Ecuación de onda en el vacío
     2. Ondas en medios dieléctricos
  3. Condiciones de frontera
  4. Teorema de Bloch

**3. MÉTODO DE EXPANSIÓN DE ONDAS PLANAS**

* 1. Algoritmo del método de ondas planas en 1D
     1. Vectores de la red recíproca y la zona de Brillouin
     2. Expansión de Fourier de la función dieléctrica
     3. Valores y vectores propios de una matriz
  2. Cálculo de estructuras de bandas para cristales fotónicos 1D
     1. Resultados numéricos
     2. Estructuras de bandas fuera de eje para PhC 1D
  3. Estructuras de bandas para cristales fotónicos en 2D y 3D
     1. Algoritmo del método de ondas planas en 2D
     2. Cálculo de estructuras de bandas para PhC 2D
     3. Algoritmo del método de ondas planas en 3D
     4. Cálculo de estructuras de bandas para PhC 3D

**4. MÉTODO DE LA ECUACIÓN INTEGRAL**

* 1. Consideraciones preliminares
     1. Los campos electromagnéticos
     2. Teorema integral de Green
     3. Las funciones fuente
     4. Discretización de las ecuaciones integrales
  2. Problemas sujetos a condiciones de frontera
     1. Ecuación de Laplace
     2. Ecuación de Helmholtz
  3. Aplicación a cristales fotónicos en 2D
     1. Cálculo de estructura de bandas para PhC 2D
  4. Propagación del campo electromagnético
     1. Guías de ondas
     2. Sistemas periódicos

**5. METAMATERIALES Y ESTRUCTURAS PLASMÓNICAS**

* 1. Introducción
     1. Veselago y el medio izquierdo
     2. Refracción negativa en una interface plana
     3. Dieléctricos artificiales
     4. Permitividad y permeabilidad negativa
  2. Fundamentos principales de los metamateriales izquierdos
     1. Lateralidad izquierda desde las ecuaciones de Maxwell
     2. Condiciones de entropía en medios dispersivos
     3. Condiciones de frontera
     4. Efectos en medios izquierdos
  3. Plasmones-polaritones de superficie
     1. Propiedades del plasmón-polaritón de superficie
     2. Plasmón-polaritón en una superficie plana
     3. Resonancia de un plasmón en un cilindro metálico
     4. Simetría de un plasmón-polaritón
     5. Bandas de plasmones en una red cristalina
  4. Aplicaciones de metamateriales y plasmones de superficie en cristales fotónicos
     1. Refracción negativa en cristales fotónicos
     2. Propiedades ópticas de estructuras plasmónicas en sistemas periódicos

**Bibliografía:**

[1] Charles Kittel, *Introduction to Solid State Physics*, John Wiley & Sons, 1996.

[2] Igor A. Sukhoivanov and Igor V. Guryev, *Photonic Crystals: Physics and Practical Modeling*, Springer, 2010.

[3] John D. Joannopoulos, Steven G. Johnson, Joshua N. Winn and Robert D. Meade, *Photonic Crystals: Molding the Flow of Light*, Second Edition, Princeton University Press, 2008.

[4] Kiyotoshi Yasumoto, *Electromagnetic Theory and Applications for Photonic Crystals*, CRC Press, 2006.

[5] Said Zouhdi, Ari Sihvola, and Alexey P. Vinogradov, *Metamaterials and Plasmonics: Fundamentals, Modelling, Applications*, Springer, 2009.

[6] G. V. Eleftheriades and K. G. Balmain, *Negative-Refraction Metamaterials: Fundamentals Principles and Applications*, John Wiley & Sons, 2005.

[7] Ricardo Marqués, Ferran Martín and Mario Sorolla, *Metamaterials with Negative Parameters*, John Wiley & Sons, 2008.

[8] Stefan Maier, *Plasmonics: Fundamentals and Applications*, Springer, 2007.

**Técnicas de enseñanza sugeridas**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Exposición oral | ( | X | ) |
| Exposición audiovisual | ( | X | ) |
| Ejercicios dentro de clase | ( | X | ) |
| Seminarios | ( |  | ) |
| Lecturas obligatorias | ( | X | ) |
| Trabajos de investigación | ( |  | ) |
| Prácticas en taller o laboratorio | ( |  | ) |
| Prácticas de campo | ( |  | ) |
| Otras: | ( | X | ) |

**Elementos de evaluación sugeridos**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Exámenes parciales | ( | X | ) |
| Exámenes finales | ( | X | ) |
| Trabajos y tareas fuera del aula | ( | X | ) |
| Participación en clase | ( | X | ) |
| Asistencia a prácticas | ( |  | ) |
| Otras: | ( | X | ) |

**Metodología**: Habrá exposiciones por parte del profesor utilizando tanto el pizarrón como acetatos, diapositivas, cañón o videos. También los alumnos participarán en la exposición de temas que el profesor considere pertinentes. En todo caso se promoverá la discusión y participación de los estudiantes.

Libros de texto: Refs. [1], [2], [3] y [5].

Lecturas obligatorias se recomiendan:

* Estructuras de cristales y redes recíprocas de la Ref. [1].
* Fundamentos de óptica de ondas de la Ref. [2].
* Diseño de cristales fotónicos para aplicaciones de la Ref. [3].
* Análisis de refracción negativa en cristales fotónicos de la Ref. [6].

Bibliografía complementaria: Refs. [4], [6], [7] y [8].

**Evaluación:**

Se evaluará con un porcentaje de ponderación del 50% de los exámenes parciales, el 10% de un examen final, el 20% de los trabajos y tareas, el 10% de la participación en clase, y el 10% del reporte de las lecturas obligatorias. Todos estos elementos deberán retroalimentar la práctica docente para mejorar la eficiencia y disminuir la reprobación.