

# INTRODUCCION A LA NANOFOTONICA

A. M. Yacomotti

Programa (duración aproximada=50 hs)

## 1. Introducción (2 hs)

- 1.1 De la fibra óptica a las aplicaciones recientes de la nanofotónica
- 1.2 Un puente entre la óptica y la electrónica
- 1.3 Propagación de la luz en un medio dieléctrico lineal y uniforme: índice de refracción y constante de absorción
- 1.4 Efectos de confinamiento espacial: dispersión de la luz en partículas sub-micrométricas resonantes, nanocavidades ópticas...
- 1.5 Confinamiento sub-longitud de onda de la luz: la nanoplasmonica
- 1.6 Nanoemisores de luz : pozos, hilos y puntos cuánticos ...

## 2. Plasmónica (10 hs teóricas + 4 hs ejercicios numéricos (EN)\*)

- 2.1 Electromagnetismo de los metales
- 2.2 La función dieléctrica del gas de electrones libres: modelo de Drude (EN4)
- 2.3 Metales reales y transiciones interbanda (EN4)
- 2.4 Plasmones de superficie propagativos (SPP): interface única, interfaces múltiples (EN4)
- 2.5 Confinamiento de la energía y longitud efectiva de propagación
- 2.6 Métodos experimentales de excitación de SPPs
- 2.7 Plasmones de superficie localizados (LSP). Modelo quasi-estático (EN5)
- 2.8 Polarizabilidad. Secciones eficaces de absorción y extinción (EN5)
- 2.9 Correcciones a la aproximación quasi-estática y tiempo de vida del LSP
- 2.10 Partículas reales: observaciones de LSPs. Acople entre plasmones
- 2.11 Tecnología de fabricación. Aplicaciones

## 3. Cristales fotónicos (12 hs teóricas+ 6 hs ejercicios numéricos (EN)\*)

- 3.1 Generalidades: geometrías y materiales
- 3.2 Medio periódico 1D: modos de Bloch y relación de dispersión
- 3.3 Banda prohibida fotónica y velocidad de grupo: modos de Bloch lentos
- 3.4 Cristales fotónicos 2D y 2.5D: generalidades
- 3.5 Calculo de bandas fotónicas: método de expansión en ondas planas
- 3.6 Cristales fotónicos 2D. Dos ejemplos: red cuadrada y red triangular (EN1)
- 3.7 Cristales fotónicos 2.5D: método de expansión en modos guiados (GME)
- 3.8 Modos de Bloch guiados vs. radiativos: pérdidas propagativas y factor de calidad (Q)
- 3.9 Cálculos numéricos GME: ejemplos y aplicaciones (EN2)
- 3.10 Confinamiento óptico en defectos 1D: guía de ondas W1. Aplicaciones (EN3)
- 3.11 Confinamiento óptico en defectos 0D: micro y nano-cavidades ópticas. Aplicaciones
- 3.12 Progresos recientes en la concepción de micro y nano-cavidades. Acople de cavidades
- 3.13 Tecnología de fabricación
- 3.14 Métodos de caracterización óptica de cristales fotónicos

## 4. Interacción luz-materia en la sistemas nanométricos (10 hs teóricas)

- 4.1 Un repaso de Mecánica Cuántica: potenciales dependientes del tiempo

- 4.2 Teoría de perturbaciones: La regla de oro de Fermi
- 4.3 Régimen de acople débil luz-materia
- 4.4 Electrodinámica cuántica (QED) en cavidad: Efecto Purcell
- 4.5 Régimen de acople fuerte luz-materia: el Hamiltoniano de Jaynes-Cummings
- 4.6 Estados disipativos, matriz densidad
- 4.7 Óptica no lineal resonante en sistemas atómicos
- 4.8 Micro y nanocavidades con no linealidades de tercer orden: la regla de  $V/Q^2$
- 4.9 Efecto “nanolaser”: emisión espontánea y estimulada con pocos fotones
- 4.10 Láseres sin umbral
- 4.11 Otras aplicaciones en nanofotónica no lineal: memorias ópticas ultra-compactas, análogos ópticos de neuronas, moléculas fotónicas no-lineales...

### **\*Ejercicios numéricos:**

**EN1-3 Cálculo de bandas de cristales fotónicos.** Se propondrán ejercicios de cálculo de diagramas de bandas basados en el programa GME de libre acceso (<http://fisica.unipv.it/nanophotonics/>). Se organizarán en tres clases de trabajos prácticos numéricos:

**EN1:** Cristales fotónicos 2D (PWE)

**EN2:** Cristales fotónicos 2.5D (GME)

**EN3:** Defectos ópticos en cristal fotónico (guías de onda W1)

**EN4-5 Simulaciones numéricas de sistemas plasmónicos.** Se propondrán ejercicios de cálculo de espectros de transmisión y cartografía de campo EM usando el código de cálculo modal (RCWA) RETICOLO de libre acceso (<http://www.lp2n.institutoptique.fr/Membres-Services/Responsables-d-equipe/LALANNE-Philippe>). Se organizarán en tres clases de trabajos prácticos numéricos:

**EN4:** Plasmones de superficie propagativos en 1D (RETICOLO 1D)

**EN5:** Plasmones de superficie localizados en 2D (RETICOLO 2D)

### **EN+ (6hs): Ejercicios optativos.**

Importante: RETICOLO está escrito en MATLAB. Para EN1-3 también se propondrán funciones MATLAB para ejecutar el código GME, como así también para generar figuras.

### **Bibliografía:**

- Steven G. Johnson and John D. Joannopoulos, *Photonic Crystals: The road from theory to practice* (Kluwer Academic Publishers), Norwell, 2002.
- 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>).
- S. A. Maier, *Plasmonics: Fundamentals and Applications* (Springer, 2007)
- J. J. Sakurai, *Modern Quantum Mechanics* (Addison-Wesley, 1994)
- J. M. Raimond and S. Haroche, *Atoms in Cavities*, in *Confined Electrons and Photons, New Physics and Applications*, E. Burstein and C. Weisbuch Eds (Plenum Press, New York 1995)
- R. W. Boyd, *Nonlinear Optics, Third Edition* (Academic Press, 2008)