

# INTRODUCCION A LA NANOFOTONICA

A. M. Yacomotti

Programa (duración aproximada=25 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
- 1.5 Confinamiento sub-longitud de onda de la luz: la nanoplasmonica
- 1.6 Nanoemisores de luz : pozos, hilos y puntos cuánticos ...

## 2. Cristales fotónicos (8 hs teóricas+ 3 hs ejercicios numéricos \*)

- 2.1 Generalidades: geometrías y materiales
- 2.2 Medio periódico 1D: modos de Bloch y relación de dispersión
- 2.3 Banda prohibida fotónica y velocidad de grupo: modos de Bloch lentos
- 2.4 Caso general 3D : ecuación de autovalores
- 2.5 Problema de autovalores en cristales fotónicos 2D
- 2.6 Calculo de bandas fotónicas: método de expansión en ondas planas
- 2.7 Dos ejemplos: red cuadrada y red triangular
- 2.8 Cristales fotónicos 1.5D: método de expansión en modos guiados (GME)
- 2.9 Modos de Bloch guiados vs. radiativos: pérdidas propagativas y factor de calidad
- 2.10 Cálculos numéricos GME: ejemplos y aplicaciones
- 2.11 Confinamiento óptico en defectos 1D: guía de ondas W1. Aplicaciones
- 2.12 Confinamiento óptico en defectos 0D: micro y nano-cavidades ópticas. Aplicaciones
- 2.13 Efectos de desorden
- 2.14 Progresos recientes en la concepción de micro y nano-cavidades. Acople de cavidades
- 2.15 Tecnología de fabricación
- 2.16 Métodos de caracterización óptica de cristales fotónicos

## 3. Plasmónica (6 hs teóricas + 2 hs ejercicios numéricos \*)

- 3.1 Generalidades
- 3.2 La función dieléctrica del gas de electrones libres: modelo de Drude
- 3.3 Metales reales y transiciones interbanda
- 3.4 Plasmones de superficie propagativos: interface única, interfaces múltiples
- 3.5 Confinamiento de la energía y longitud efectiva de propagación
- 3.6 Métodos experimentales de excitación de plasmones de superficie
- 3.7 Plasmones de superficie localizados. Modelo quasi-estático
- 3.8 Polarizabilidad. Secciones eficaces de absorción y extinción. Nano-antenas
- 3.9 Correcciones a la aproximación quasi-estática y tiempo de vida del plasmón
- 3.10 Partículas reales: observaciones de plasmones localizados. Acople entre plasmones
- 3.11 Aplicaciones

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

- 4.1 La regla de oro de Fermi
- 4.2 Decaimiento (emisión) espontáneo
- 4.3 Electrodinámica cuántica (QED) del decaimiento espontáneo
- 4.4 Densidad de estados local
- 4.5 Tiempos de vida y tasas de decaimiento: modelo clásico
- 4.6 Dinámica de la emisión espontánea en micro y nanocavidades
- 4.7 Acople fuerte luz-materia. Formación de estados cuánticos mixtos excitón-fotón
- 4.8 Acople débil. Efecto Purcell
- 4.9 Óptica no lineal: breve introducción. No-linealidades de segundo y tercer orden.
- 4.10 No-linealidades intrínsecas vs. activas
- 4.11 Ejemplos de nanocavidades no lineales: filtros acordables, conmutadores, bi-estables ópticos, análogos ópticos de neuronas...

\*Ejercicios numéricos:

**E.N.1. Cálculo de bandas de cristales fotónicos.** Se propondrán ejercicios de cálculo de diagramas de bandas usando el programa GME de libre acceso (<http://fisica.unipv.it/nanophotonics/>)

**E.N.2 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>)

#### 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.

Lourtioz JM, Benisty H, Berger V, Gérard JM, Maystre D, Tchelnokov A, *Photonic Crystals: Towards Nanoscale Photonic Devices* (Springer, 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>).

L. Novotny and B. Hecht, *Principles of Nano-Optics* (Cambridge University Press, 2011)

S. A. Maier, *Plasmonics: Fundamentals and Applications* (Springer, 2007)