

**OBJECTIU:** S'estudiaran fenòmens d'interacció llum-matèria a nivell microscòpic utilitzant diferents tipus de aproximació: teories clàssica, semiclàssica i quàntica. Aquests coneixements són bàsics en diversos camps de interès actual com la física del làser, el refredament i captura d'àtoms per làser, la computació quàntica, etc.

**HORARI:** **Teoria:** Dilluns; dimarts i dijous de 12:00 a 12:50  
**Problemes:** Divendres + un dijous de cada tres de 12:00 a 12:50

**AULA:** C5/012

**PROFESSORAT:**

		<i>Horari d'atenció</i>
<b>Teoria</b>	Grup d'Òptica (C3/-156) Tel: 93 581 1653 <a href="mailto:ramon.corbalan@uab.es">ramon.corbalan@uab.es</a>	Dm: 10:00-12:00 Dx: 16:00-18:00
Ramón Corbalán		
<b>Problemes</b>	Grup d'Òptica (C3/-152) Tel: 93 581 1652 <a href="mailto:jordi.mompart@uab.es">jordi.mompart@uab.es</a>	Dm: 15:00-17:00 Dx: 11:00-13:00
Jordi Mompart		

**MATERIAL ON-LINE:**

A través del *Campus Virtual de la UAB* tindreu accés al material (teoria, problemes, exàmens,...) del darrer curs. A més a més, al llarg del present curs hi anirem afegint els apunts actualitzats i links a pàgines web relacionades amb l'òptica quàntica.

**CRITERIS D'AVAUACIÓ:** Examen: Teòria 50% + Problemes 50%  
 Treball opcional: +1 punt.

## TREBALL OPCIONAL

- El treball consistirà en una exposició d'uns 15 minuts + 5 minuts de preguntes i/o discussió.
- Alguns possibles temes per al treball opcional:
  - *Electromagnetically induced transparency*
  - *Lasing without population inversion*
  - *Ultraslow light velocity / Superluminal light velocity*
  
  - *Gravitational wave detectors*
  - *Squeezing of light*
  
  - *Laser cooling and trapping*
  - *Optical lattices; Magneto-Optical Trap (MOT); Evaporative cooling*
  - *Bose Einstein condensate*
  - *Atom optics / atom interferometry*
  - *Atom lasers*
  
  - *Quantum information processing*
  - *Quantum teleportation*
  - *Quantum cryptography*
  - *Quantum computing*
  
  - *Quantum jumps*
  - *Quantum Zeno effect*
  - *Quantum non-demolition measurements*
  - *Bell inequalities*
  - *Atomic clocks*
  - *Cavity QED*
  - *Micromaser*
  - *Terawatt lasers*
  - *Laser fusion*

**PROGRAMA**

**1. Teoria clàssica de la interacció llum-matèria**

- 1.1 Equacions de Maxwell en el buit
- 1.2 Equacions de Maxwell en un medi material
- 1.3 Model clàssic de Lorentz
  - 1.3.1 Emissió espontània
  - 1.3.2 Absorció i emissió estimulada
  - 1.3.3 Difusió
- 1.4 La susceptibilitat
- 1.5 Propagació d'ones no monocromàtiques
- 1.6 Introducció a l'òptica no lineal
- 1.7 Susceptibilitat no lineal d'un oscil·lador anharmònic clàssic

P. Meystre i M. Sargent III, *Elements of Quantum Optics*, Springer-Verlag Berlin, 1990  
 J. M. Cabrera, F. J. López, i F. Agulló López, *Óptica electromagnètica (Fundamentos)*, Addison-Wesley Iberoamericana, 1993  
 R. W. Boyd, *Nonlinear Optics*, Academic Press, 1992

**2. Teoria semiclàssica de la interacció llum-matèria**

**Primera part:**

- 2.1 Radiació tèrmica i hipòtesi de Planck
- 2.2 Teoria d'Einstein de la interacció llum-matèria: coeficients A i B d'Einstein
  - 2.2.1 Àtom de Bohr
  - 2.2.2 Processos elementals d'interacció llum-matèria (1917)
- 2.3 Equacions de balanç de les poblacions atòmiques

O. Svelto, *Principles of lasers*, Plenum Press 1993

**Segona part:**

- 2.4 Càlcul del coeficient B d'Einstein
  - 2.4.1 Pertorbació d'un sistema. Evolució de les amplituds de probabilitat
  - 2.4.2 Sistema de dos nivells en interacció amb una ona plana. Interacció dipolar elèctrica
  - 2.4.3 Solució pertorbativa
- 2.5 Sistema de dos nivells: solució exacta en la RWA
  - 2.5.1 Desdoblament AC-Stark
  - 2.5.2 Oscil·lacions de Rabi
  - 2.5.3 Dipol atòmic induït
  - 2.5.4 Polsos llum  $\pi/2$ ,  $\pi$ ,  $3\pi/2$ ,...
  - 2.5.5 Efectes transitoris. Nutació òptica. Decaïment de la inducció lliure. Eco de fotons
  - 2.5.6 Triplet de fluorescència
  - 2.5.7 Doublet d'Autler-Townes
  - 2.5.8 Desplaçament de nivells produït per la llum. Força dipolar
  - 2.5.9 Saturació
- 2.6 Condicions de validesa del model clàssic de Lorentz
- 2.7 La matriu densitat
  - 2.7.1 Formalisme de la matriu densitat
  - 2.7.2 Exemple: sistema de dos nivells

P. Meystre i M. Sargent, *Elements of Quantum Optics*, Springer, 1990.

M. Sargent, M. O. Scully i W. E. Lamb, *Laser Physics*, Addison-Wesley, 1994.  
H. J. Metcalf i P. van der Stratenn, *Laser Cooling and Trapping*, Springer-Verlag, 1999

### 3. Teoria quàntica de la interacció llum-matèria

- 3.1 Electrodinàmica clàssica
  - 3.1.1 Equacions bàsiques en l'espai ordinari
  - 3.1.2 Constants del moviment
  - 3.1.3 Electrodinàmica clàssica en l'espai recíproc
- 3.2 Quantificació del camp electromagnètic
  - 3.2.1 Condicions de contorn periodiques
  - 3.2.2 Quantificació d'un oscil·lador harmònic unidimensional
  - 3.2.3 Quantificació del camp electromagnètic
- 3.3 Estats del camp quàntic lliure
  - 3.3.1 Estats propis de l'hamiltonià i moment de radiació
  - 3.3.2 El buit de fotons
  - 3.3.3 Estats quassi-clàssics
- 3.4 Interacció entre àtoms i camps quàntics
  - 3.4.1 Sistema de dos nivells. Matrius de Pauli
  - 3.4.2 Els estats vestits
  - 3.4.3 El model de Jaynes-Cummings
  - 3.4.4 Introducció a la electrodinàmica quàntica en cavitats (CQED)

C. Cohen-Tannoudji, J. Dupont-Roc, G. Grynberg, *Photons and Atoms. Introduction to Quantum Electrodynamics i Atom-Photon Interactions*. John Wiley & Sons, 1992.  
M.O. Scully, M.S. Zubairy, *Quantum Optics*, Cambridge U. P., 1997.  
D.F. Walls, G.J. Milburn, *Quantum Optics*, Springer-Verlag, 1994.  
J.M. Raimond, M. Brune, and S. Haroche, *Reviews of Modern Physics*, **73** (2001) 565