

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 i dimarts de 18:00 a 19:00
Problemes: Divendres de 18:00 a 19:00

PROFESSORAT:

Horari d'atenció

Teoria

Ramón Corbalán

Grup d'Òptica (C3/-156) Dll: 10:00-12:00 Dv: 10:00-12:00
 Tel: 93 581 1653
 ramon.corbalan@uab.cat

Problemes

Verònica Ahufinger

Grup d'Òptica (C3/-162) Dm: 10:00-12:00 Dj: 10:00-12:00
 Tel: 93 586 8178
 veronica.ahufinger@uab.cat

MATERIAL

ON-LINE: A través del *Campus Virtual de la UAB* tindreu accés al material (teoria i problemes) del 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 AVALUACIÓ:

Examen: Conjunt de qüestions de resposta breu
 Treball opcional: +1 punt
 Entrega problemes opcional: +1 punt
 Participació a classe: +0.5 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 Condensation*
- *Atom optics / atom interferometry*
- *Atom lasers*

- *Quantum information processing*
- *Quantum teleportation*
- *Quantum cryptography*

- *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 $\pi/2$, π , $3\pi/2$,...
 - 2.5.5 Efectes transitoris. Nutació òptica. Decaïment de la inducció lliure. Eco de fotons
 - 2.5.6 Triplet de fluorescència
 - 2.5.7 Doblet 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 Electrocinàmica clàssica

- 3.1.1 Equacions bàsiques en l'espai ordinari
- 3.1.2 Constants del moviment
- 3.1.3 Electrocinàmica 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 quasi-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 electrocinàmica 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