

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:** Dimarts i divendres de 14:00 a 14:50
 Problemes: Dilluns de 15:00 a 15:50

PROFESSORAT:*Horari d'atenció***Teoria**

Verònica Ahufinger

Grup d'Òptica (C3/-162)

Tel: 93 586 8178

veronica.ahufinger@uab.cat

Dm: 10:00-12:00 Dj: 10:00-12:00

Problemes

Jordi Mompart

Grup d'Òptica (C3/-152)

Tel: 93 581 1652

jordi.mompart@uab.cat

DII: 10:00-12:00 Dx: 10:00-12:00

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: 2 punts
Entrega problemes: 2 punts

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
- 1.4 La susceptibilitat
- 1.5 Propagació d'ones no monocromàtiques

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.

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 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 periòdiques
 - 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. Matriu 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**, 565 (2001).