

Òptica quàntica

2012/2013

Codi: 100180

Crèdits ECTS: 6

Titulació	Pla	Tipus	Curs	Semestre
2500097 Graduat en Física	776 Graduat en Física	OT	4	1

Professor de contacte

Nom: Jordi Mompert Penina

Correu electrònic: Jordi.Mompert@uab.cat

Utilització d'idiomes

Llengua vehicular majoritària: anglès (eng)

Algun grup íntegre en anglès: Sí

Algun grup íntegre en català: No

Algun grup íntegre en espanyol: No

Prerequisits

No hi ha prerequisits. No obstant es recomana haver cursat Física Quàntica I i II

Objectius

L'objectiu d'aquesta assignatura és proporcionar a l'estudiant els conceptes fonamentals del camp de l'Òptica Quàntica. En concret, estudiarem en detall els fenòmens d'interacció llum-matèria a nivell microscòpic utilitzant la teoria semiclàssica i quàntica. Aquest coneixement és la base de camps de recerca molt actius com la física dels làsers, el control coherent d'ones de matèria, el refredament i la captura d'àtoms, les memòries quàntiques o la informació quàntica. Al llarg del curs es proporcionaran les connexions amb aquests camps i es realitzaran discussions de resultats de recerca recents.

Competències

- Aplicar els principis fonamentals a àrees particulars, com la física nuclear i de partícules, la física de la matèria condensada, l'estructura atòmica, la biofísica o la fotònica
- Comunicar eficaçment informació complexa de manera clara i concisa, ja sigui oralment, per escrit o mitjançant TIC, i en presència de públic, tant a públics especialitzats com generals.
- Conèixer les bases d'alguns temes seleccionats de caràcter avançat, incloent-hi els desenvolupaments actuals a la frontera de la física, sobre els quals poder formar-se àgilment amb més profunditat.
- Fer treballs acadèmics de manera independent usant bibliografia -especialment en anglès-, bases de dades i col·laborant amb altres professionals.
- Formular i abordar problemes físics, tant si són oberts com si estan més ben definits, identificar-ne els principis més rellevants i usar-hi aproximacions, si escau, per a arribar a una solució que s'ha de presentar explicitant-ne les suposicions i les aproximacions.
- Planejar, realitzar i presentar els resultats d'un estudi o recerca teòrics usant els mètodes apropiats i aportant propostes innovadores i competitives.
- Raonar críticament, tenir capacitat analítica, usar correctament el llenguatge tècnic i elaborar arguments lògics.
- Treballar autònomament, tenir iniciativa pròpia, ser capaç d'organitzar-se per assolir uns resultats i planejar i executar un projecte.
- Treballar en grup, assumir responsabilitats compartides i interaccionar professionalment i de manera constructiva amb altres persones amb un respecte absolut als seus drets.
- Usar les matemàtiques per descriure el món físic, seleccionar les equacions apropiades, construir models adequats, interpretar resultats matemàtics i comparar críticament amb experimentació i

observació.

Resultats d'aprenentatge

1. Aplicar els principis fonamentals a àrees particulars, com la física nuclear i de partícules, la física de la matèria condensada, l'estructura atòmica, la biofísica o la fotònica.
2. Comunicar eficaçment informació complexa de manera clara i concisa, ja sigui oralment, per escrit o mitjançant TIC, i en presència de públic, tant a públics especialitzats com generals.
3. Conèixer les bases d'alguns temes seleccionats de caràcter avançat, incloent-hi els desenvolupaments actuals a la frontera de la física, sobre els quals poder formar-se àgilment amb més profunditat.
4. Fer treballs acadèmics de manera independent usant bibliografia -especialment en anglès-, bases de dades i col·laborant amb altres professionals.
5. Formular i abordar problemes físics, tant si són oberts com si estan més ben definits, identificar-ne els principis més rellevants i usar-hi aproximacions, si escau, per a arribar a una solució que s'ha de presentar explicitant-ne les suposicions i les aproximacions.
6. Planejar, realitzar i presentar els resultats d'un estudi o recerca teòrics usant els mètodes apropiats i aportant propostes innovadores i competitives.
7. Raonar críticament, tenir capacitat analítica, usar correctament el llenguatge tècnic i elaborar arguments lògics.
8. Treballar autònomament, tenir iniciativa pròpia, ser capaç d'organitzar-se per assolir uns resultats i planejar i executar un projecte.
9. Treballar en grup, assumir responsabilitats compartides i interaccionar professionalment i de manera constructiva amb altres persones amb un respecte absolut als seus drets.
10. Usar les matemàtiques per descriure el món físic, seleccionar les equacions apropiades, construir models adequats, interpretar resultats matemàtics i comparar críticament amb experimentació i observació.

Continguts

1. Introducció

Coherència clàssica. Experiment de Hanbury-Brown i Twiss.

2. Teoria semiclàssica de la interacció llum-matèria

2. 1. Descripció de la llum

Equacions de Maxwell. Aproximació de l'envolvent lentament variant. Velocitat de grup. Llum lenta i llum superlumínica.

2. 2. Interacció llum-matèria

Equació de Schrödinger. Àtom de dos nivells sota l'aproximació de l'ona rotant. Susceptibilitat dielèctrica i índex de refracció complex. El desdoblament AC-Stark. L'àtom vestit. Les oscil·lacions de Rabi. El triplet de Mollow. El doblet d'Autler-Townes. La força dipolar. El formalisme de la matriu densitat: àtoms de dos i tres nivells. Captura coherent de la població. Transparència induïda electromagnèticament. Passatge adiabàtic de població via estimulació Raman.

3. Teoria quàntica de la interacció llum-matèria

3. 1. Descripció de la llum

Electrodinàmica clàssica. Quantització del camp e.m. Estats quàntics del camp e.m. lliure. Estats del buit de fotons. Estats coherents. Estats comprimits.

3. 2. Interacció llum-matèria

Model de Jaynes-Cummings. Tractament de Weisskopf-Wigner de l'emissió espontània. Oscil·lacions de Rabi

quàntiques. Col·lapses i ressorgiments. Electrodinàmica quàntica en cavitats.

Metodologia

L'assignatura té assignats 1.8 ECTS d'activitats dirigides presencials a l'aula: 1.2 ECTS de classes teòriques i 0.6 ECTS de classes de problemes.

Les classes de teoria seran classes magistrals on es discutiran els continguts de l'assignatura sempre incentivant la participació de l'estudiant plantejant preguntes.

En les classes de problemes es pretén que l'alumne participi de manera activa ja sigui plantejant dubtes o participant en la resolució d'exercicis i qüestions a l'aula.

El treball autònom de l'estudiant requerit en aquesta assignatura inclou tant l'estudi dels conceptes teòrics com la preparació i resolució d'exercicis.

L'assignatura també presenta activitats supervisades que consisteixen en l'entrega d'activitats i una presentació oral.

La presentació oral, que es realitzarà en grup, consistirà en la preparació i presentació oral d'un tema actual de l'òptica quàntica.

El material, tant per a les classes de teoria com per a les classes de problemes, serà subministrat a través del campus virtual de l'assignatura.

Activitats formatives

Títol	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
Tipus: Dirigides			
Classes problemes	15	0,6	3, 5, 6, 7, 8, 10
Classes teòriques	30	1,2	3, 5, 6, 7, 10
Tipus: Supervisades			
Activitats per entregar	9	0,36	2, 4, 5, 7, 8, 10
Presentació oral	7,5	0,3	2, 3, 4, 6, 7, 9
Tipus: Autònomes			
Preparació i estudi dels fonaments teòrics	40	1,6	3, 5, 7, 8, 10
Resolució de problemes	40	1,6	3, 5, 7, 8, 9, 10

Avaluació

La nota final de l'assignatura s'obtindrà a partir de les següents proporcions:

-70% : Nota dels dos exàmens parcials o de l'examen final.

-15% : Nota de les activitats a entregar

-15% : Nota de la presentació oral

Per aprovar l'assignatura cal una nota mínima de 3.5 sobre 10 en els exàmens escrits.

Activitats d'avaluació

Títol	Pes	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
Examen final	70%	3,5	0,14	1, 3, 5, 6, 7, 10
Lliurament d'activitats	15%	0	0	2, 4, 5, 7, 8, 10
Presentació oral	15%	0	0	2, 3, 4, 6, 7, 9
Primer examen parcial	35%	2,5	0,1	1, 3, 5, 6, 7, 10
Segon examen parcial	35%	2,5	0,1	1, 3, 5, 6, 7, 10

Bibliografia

- **A la web:**

Daniel A. Steck, *Quantum and Atom Optics* (2007)

Oregon Center for Optics and Department of Physics. Oregon University

<http://atomoptics.uoregon.edu/~dsteck/teaching/quantum-optics/quantum-optics-notes.pdf>

- **Bibliografia bàsica**

P. Meystre and M. Sargent, *Elements of Quantum Optics*, Springer-Verlag, 1991.

M.O. Scully and M.S. Zubairy, *Quantum Optics*, Cambridge U. P., 1997.

D.F. Walls and G.J. Milburn, *Quantum Optics*, Springer-Verlag, 1994.

C. C. Gerry and P. Knight, *Introductory Quantum Optics*, Cambridge University Press, 2005.

- **Bibliografia avançada**

C. Cohen-Tannoudji, J. Dupont-Roc and G. Grynberg, *Atom-Photon Interactions: Basic processes and applications*. John Wiley & Sons, 1998.

C. Cohen-Tannoudji, J. Dupont-Roc and G. Grynberg, *Photons and Atoms: Introduction to Quantum Electrodynamics*. John Wiley & Sons, 1997.

H. J. Metcalf and P. van der Straten, *Laser Cooling and Trapping*, Springer-Verlag, 1999.

S. Haroche and J.M. Raimond. *Exploring the Quantum: Atoms, Cavities and Photons*. Oxford University Press, 2006.

J.M.Raimond, M. Brune and S. Haroche, *Reviews of Modern Physics* 73, 565 (2001).