



Guia docent

230578 - QS - Simulació Quàntica i Computació Quàntica amb Àtoms Neutres

Última modificació: 29/05/2026

Unitat responsable: Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Telecomunicació de Barcelona

Unitat que imparteix: 1004 - UB - Universitat de Barcelona.

Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN FOTÒNICA (Pla 2013). (Assignatura optativa).
MÀSTER UNIVERSITARI ERASMUS MUNDUS EN FOTÒNICA (Pla 2024). (Assignatura optativa).

Curs: 2026

Crèdits ECTS: 3.0

Idiomes: Anglès

PROFESSORAT

Professorat responsable: BRUNO JULIA DIAZ

Altres: Primer quadrimestre:
BRUNO JULIA DIAZ - 10
LETICIA TARRUELL PELLEGRIN - 10

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:

CE7. Capacitat d'entendre l'enginyeria òptica com una activitat econòmica i empresarial considerant, entre d'altres, aspectes socials, ètics i de sostenibilitat.

CE9. Capacitat per sintetitzar i exposar els resultats de recerca en fotònica segons els procediments i convencions de les presentacions científiques en anglès.

CE2. Demostrar que comprèn les peculiaritats que comporta el model quàntic per a la interacció llum-matèria.

Genèriques:

CG4. Capacitat per entendre el caràcter generalista i multidisciplinari de la fotònica veient la seva aplicació per exemple a la medicina, biologia, energia, comunicacions o la indústria.

CG1. Capacitat per a projectar, dissenyar i implantar productes, processos, serveis i instal·lacions en alguns àmbits de la fotònica com els relacionats amb l'enginyeria fotònica, la nanofotònica, l'òptica quàntica, les telecomunicacions i la biofotònica.

CG2. Capacitat per a la modelització, càlcul, simulació, desenvolupament i implantació en centres de recerca, centres tecnològics i empreses, particularment en tasques d'investigació, desenvolupament i innovació en tots els àmbits relacionats amb la Fotònica.

Transversals:

CT1. EMPRENEDORIA I INNOVACIÓ. Conèixer i entendre els mecanismes en què es basa la investigació científica, així com els mecanismes i instruments de transferència de resultats entre els diferents agents socioeconòmics implicats en els processos de R+D+I.

CT4. ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ. Gestionar l'adquisició, l'estructuració, l'anàlisi i la visualització de dades i informació en l'àmbit de l'especialitat i valorar de forma crítica els resultats d'aquesta gestió.

CT5. ANGLÈS. Acreditar un nivell adequat d'aquest idioma, tant de forma oral com per escrit, d'acord amb les necessitats que tindran les titulades i els titulat.

CT3. TREBALL EN EQUIP. Ser capaç de treballar com a membre d'un equip, ja sigui com un membre més, o realitzant tasques de direcció amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, assumint compromisos tenint en compte els recursos disponibles.



Bàsiques:

CB7. Que els estudiants sàpiguen aplicar els coneixements adquirits i la seva capacitat de resolució de problemes en entorns nous o poc coneguts dins de contextos més amplis (o multidisciplinaris) relatius al seu camp d'estudi.

CB10. Que els estudiants posseeixen les habilitats d'aprenentatge que els permetin continuar estudiant d'una manera que haurà de ser en gran mesura autodirigida o autònoma.

CB8. Que els estudiants siguin capaços d'integrar coneixements i enfrontar-se a la complexitat de formular judicis a partir d'una informació que, sent incompleta o limitada, inclogui reflexions sobre les responsabilitats socials i ètiques vinculades a l'aplicació dels seus coneixements i judici.

METODOLOGIES DOCENTS

- Classes magistrals
- Activitats

OBJECTIUS D'APRENENTATGE DE L'ASSIGNATURA

Aquest curs tractarà els desenvolupaments recents en el camp de la simulació quàntica i la computació quàntica amb àtoms neutres, amb un enfocament en tres aspectes: l'emulació de camps de gauge sintètics per investigar la física Hall quàntica, la investigació de models de Hubbard amb àtoms ultrafreds en xarxes òptiques i l'ús de matrius d'àtoms atrapats en pinces òptiques i excitats a estats de Rydberg tant per a la simulació quàntica com per a la computació quàntica.

HORES TOTALS DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup gran	24,0	32.00
Hores aprenentatge autònom	51,0	68.00

Dedicació total: 75 h

CONTINGUTS

Simulació Quàntica de camps de gauge artificials

Descripció:

Fonaments de l'acoblament espín-òrbita i la física Hall quàntica. Realitzacions d'àtoms neutres de l'acoblament espín-òrbita i camps magnètics sintètics: acoblament Raman, BEC rotatius i enginyeria de Floquet.

Dedicació: 6h

Grup gran/Teoria: 6h

Simulació quàntica de materials fortament correlacionats

Descripció:

Fonaments de xarxes òptiques. Estructura de bandes. Microscòpia quàntica de gas. Model de Bose-Hubbard i transició superfluid-aïllant de Mott. Model de Fermi Hubbard i magnetisme quàntic.

Dedicació: 6h

Grup gran/Teoria: 6h



Simulació i computació quàntica amb àtoms neutres

Descripció:

Fonaments de la física de Rydberg. Preparació i manipulació de matrius ordenades. Models d'Ising i XY. Anant més enllà dels models d'espín. Computació quàntica amb àtoms neutres. Implementació de codis de correcció d'errors quàntics.

Dedicació: 4h

Grup gran/Teoria: 4h

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

Assistència a avaluar: >80% del temps de classe

- Examen: escrit o oral (60%)
- Avaluació de deures (40%)

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Pethick, C. J.; Smith, H. Bose-Einstein condensation in dilute gases. Cambridge University Press, 2008. ISBN 9780521846516.
- Pitaevskii, L.P.; Stringari, S. Bose-Einstein condensation. Oxford: Clarendon Press, 2003. ISBN 9780198507192.
- Cooper, N.R. "Rapidly rotating atomic gases". Advances in Physics [en línia]. vol. 57, num 6, October 2008 [Consulta: 24/11/2016]. Disponible a: <http://www.informaworld.com/openurl?genre=journal&issn=0001-8732>.
- Dalibard, J.; Gerbier, F.; Juzeliunas, G.; Öhberg, P. "Artificial gauge potentials for neutral atoms". Reviews of Modern Physics [en línia]. Vol. 83, Iss. 4, October - December 2011 [Consulta: 24/11/2016]. Disponible a: <http://journals.aps.org/rmp/>.

Complementària:

- Lewenstein, M.; Sanpera, A.; Ahufinger, V. Ultracold atoms in optical lattices : simulating quantum many-body systems. Oxford: Oxford University Press, 2012. ISBN 9780199573127.
- Bloch, I.; Dalibard, J.; Nascimbène, S. "Quantum simulations with ultracold quantum gases". Nature Physics [en línia]. num 8, p.267-276, 2012 [Consulta: 24/11/2016]. Disponible a: <http://www.nature.com/nphys/index.html>.
- Esslinger, T. "Fermi-Hubbard physics with atoms in an optical lattice". Annual Review in Condensed Matter Physics [en línia]. vol. 1, 2010 [Consulta: 24/11/2016]. Disponible a: <http://www.annualreviews.org/eprint/cpKn26dCPrA4kV8TCzWw/full/10.1146/annurev-conmatphys-070909-104059>.
- Giorgini, S.; Pitaevskii, L.P.; Stringari, S. "Theory of ultracold atomic Fermi gases". Review of Modern Physics [en línia]. vol. 80, issue 4, oct 2008 [Consulta: 24/11/2016]. Disponible a: <http://journals.aps.org/rmp/>.
- Ketterle, W.; Zwerlein, M. "Making, probing and understanding ultracold Fermi gases". Proceedings of the International School on Physics Enrico Fermi 2006 [en línia]. [Consulta: 24/11/2016]. Disponible a: <https://arxiv.org/abs/0801.2500>.

RECURSOS

Enllaç web:

- Lectures du College de France by J. Dalibard. Courses 2013 and 2014.. http://www.phys.ens.fr/dalibard/CdF/2013/Cours_2013.pdf
http://www.phys.ens.fr/dalibard/index_en