



Guía docente

230578 - QS - Simuladores Cuánticos con Gases Cuánticos Ultrafríos

Última modificación: 11/04/2025

Unidad responsable: Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación de Barcelona

Unidad que imparte: 1004 - UB - Universitat de Barcelona.

Titulación: MÁSTER UNIVERSITARIO EN FOTÓNICA (Plan 2013). (Asignatura optativa).

Curso: 2025

Créditos ECTS: 3.0

Idiomas: Inglés

PROFESORADO

Profesorado responsable: GABRIELE DE CHIARA

Otros: Primer cuatrimestre:

GABRIELE DE CHIARA - 10

LETICIA TARRUELL PELLEGRIN - 10

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Específicas:

CE7. Capacidad de entender la ingeniería óptica como una actividad económica y empresarial considerando, entre otros, aspectos sociales, éticos y de sostenibilidad

CE9. Capacidad para sintetizar y exponer los resultados de investigación en fotonica según los procedimientos y convenciones de las presentaciones científicas en inglés.

CE2. Demostrar que comprende las peculiaridades que comporta el modelo cuántico para la interacción luz-materia.

Genéricas:

CG4. Capacidad para entender el carácter generalista y multidisciplinario de la fotonica viendo su aplicación por ejemplo a la medicina, biología, energía, comunicaciones o la industria

CG1. Capacidad para proyectar, diseñar e implantar productos, procesos, servicios e instalaciones en algunos ámbitos de la fotonica como los relacionados con la ingeniería fotónica, la nanofotónica, la óptica cuántica, las telecomunicaciones y la biofotónica

CG2. Capacidad para la modelización, cálculo, simulación, desarrollo e implantación en centros de investigación, centros tecnológicos y empresas, particularmente en tareas de investigación, desarrollo e innovación en todos los ámbitos relacionados con la Fotónica.

Transversales:

CT1. EMPRENDIMIENTO E INNOVACIÓN. Conocer y entender los mecanismos en que se basa la investigación científica, así como los mecanismos e instrumentos de transferencia de resultados entre los diferentes agentes socioeconómicos implicados en los procesos de I+D+i.

CT4. USO SOLVENTE DE LOS RECURSOS DE INFORMACIÓN. Gestionar la adquisición, la estructuración, el análisis y la visualización de datos e información en el ámbito de la especialidad y valorar de forma crítica los resultados de esta gestión.

CT5. INGLÉS. Acreditar un nivel adecuado de este idioma, tanto de forma oral como por escrito, en consonancia con las necesidades que tendrán las tituladas y los titulados.

CT3. TRABAJO EN EQUIPO. Ser capaz de trabajar como miembro de un equipo interdisciplinar ya sea como un miembro más, o realizando tareas de dirección con la finalidad de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles



Básicas:

- CB7. Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.
- CB10. Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.
- CB8. Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicio.

METODOLOGÍAS DOCENTES

- Clases magistrales
- Actividades

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

Este curso abarca los desarrollos más recientes en simulación cuántica con gases cuánticos ultrafríos. En los últimos años estos sistemas han surgido como un sistema ideal para la simulación de fenómenos cuánticos de muchos cuerpos gracias al alto grado de control y el excelente aislamiento del exterior. En este curso se tratarán temas recientes del campo como los gases fermiónicos, campos de gauge artificiales para la medición de la física del efecto Hall cuántico, uniones de Josephson y el efecto túnel cuántico a nivel macroscópico macroscópico, y los modelos de Hubbard.

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTADO

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo grande	24,0	32.00
Horas aprendizaje autónomo	51,0	68.00

Dedicación total: 75 h

CONTENIDOS

Gases de Fermi diluidos

Descripción:

El gas de fermiones ideal. Fermiones con interacción débil. Emparejamiento en gases de Fermi diluidos (teoría BCS). Cruce BCS-BEC. Excitaciones

Dedicación: 6h

Grupo grande/Teoría: 6h

Campos de gauge artificiales

Descripción:

BECs en rotación. Fases Hall bosónicas. Teoría del campo medio. Cuantización de los niveles de Landau. Función de onda de Laughlin. Potencial de gauge en sistemas de dos niveles. Potenciales de gauge no abelianos.

Dedicación: 6h

Grupo grande/Teoría: 6h



Efecto tunel cuántico macroscópico

Descripción:

Sistemas de dos estados. Uniones de Josephson bosónicas. Descripción semi-clásica. Aspectos cuánticos. Descripción con SU (2). Simulación del modelo de Lipkin-Meshkov-Glick. Realizaciones experimentales. Sistemas de pocos estados.

Dedicación: 4h

Grupo grande/Teoría: 4h

Redes ópticas - Sólidos artificiales

Descripción:

Redes ópticas. Sistemas no interactivos. Modelo de Bose-Hubbard. Transición entre superfluidos y aislantes de Mott. Model de Fermi-Hubbard: aislante de Mott i magnetismo cuántico.

Dedicación: 8h

Grupo grande/Teoría: 8h

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

Asistencia para ser evaluado: >80% de las clases magistrales

- Examen escrito (60%)
- Entrega de problemas (40%)

BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- 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 línea]. 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 línea]. Vol. 83, Iss. 4, October - December 2011 [Consulta: 24/11/2016]. Disponible a: <http://journals.aps.org/rmp/>.

Complementaria:

- 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 línea]. 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 línea]. vol. 1, 20101 [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 línea]. vol. 80, issue 4, oct 2008 [Consulta: 24/11/2016]. Disponible a: <http://journals.aps.org/rmp/>.- Ketterle, W.; Zwierlein, M. "Making, probing and understanding ultracold Fermi gases". *Proceedings of the International School on Physics Enrico Fermi 2006* [en línea]. [Consulta: 24/11/2016]. Disponible a: <https://arxiv.org/abs/0801.2500>.

RECURSOS

Enlace 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