

Guía docente

230579 - FCTBEC - Desde el Enfriamiento y la Captura de Átomos Neutros hasta los Condensados de Bose-Einstein

Última modificación: 25/06/2025

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

Unidad que imparte: 1022 - UAB - (CAS) pendent.

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

Curso: 2025

Créditos ECTS: 3.0

Idiomas: Inglés

PROFESORADO

Profesorado responsable: MARIA MORENO CARDONER

Otros: Primer quadrimestre:
MARIA MORENO CARDONER - 10
ANTONIO RUBIO ABADAL - 10

CAPACIDADES PREVIAS

Conocimientos básicos de física cuántica y de óptica cuántica

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Específicas:

CE5. Saber realizar y comprender experimentos básicos que demuestren los principales fenómenos de óptica y 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.

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

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.

METODOLOGÍAS DOCENTES

- Clases magistrales
- Resolución de ejercicios en el aula o en casa

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

Este curso ofrece una introducción a la física de los gases atómicos ultrafríos. Los notables avances en el enfriamiento y confinamiento de nubes atómicas durante las últimas décadas han permitido un nivel de control sin precedentes sobre los sistemas atómicos, culminando con la realización de la condensación de Bose-Einstein en gases diluidos y ultrafríos. Este logro abrió nuevas vías para explorar fenómenos cuánticos a escalas macroscópicas. El curso cubre los mecanismos clave del enfriamiento láser y del confinamiento de átomos neutros, así como las técnicas experimentales utilizadas para alcanzar y caracterizar la degeneración cuántica. También introduce el marco teórico de los condensados de Bose-Einstein, incluyendo enfoques de campo medio y de muchos cuerpos cuánticos, junto con los desarrollos más recientes en el estudio de gases cuánticos fuertemente correlacionados.

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTE

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

Dedicación total: 75 h

CONTENIDOS

Introducción

Descripción:

Conceptos básicos de física atómica:

- Estructura atómica fina e hiperfina, degeneración de niveles y simetría.
- Interacción con campos electromagnéticos externos: efecto Zeeman, desplazamiento AC-Stark. Procesos básicos de la interacción luz-materia. Emisión espontánea y ecuaciones ópticas de Bloch.
- Colisiones atómicas a bajas energías.

Dedicación: 3h

Grupo grande/Teoría: 3h

Enfriamiento y captura de átomos neutros

Descripción:

- Fuerzas ejercidas por la luz sobre los átomos: fuerza dipolar y presión de radiación.
- Técnicas de enfriamiento y atrapamiento: enfriamiento Doppler, trampas atómicas (ópticas, magnéticas, magneto-ópticas), enfriamiento sub-Doppler, enfriamiento por evaporación, enfriamiento Raman por bandas laterales, redes ópticas y pinzas ópticas.
- Sondeo y detección de gases fríos: imágenes por absorción y fluorescencia.

Dedicación: 8h

Grupo grande/Teoría: 8h

Condensación de Bose-Einstein

Descripción:

- Descripción teórica de los BECs: Gas ideal de bosones. Bosones con interacciones débiles. Aproximación de campo medio: la ecuación de Gross-Pitaevskii, ecuaciones de Bogoliubov de Gennes, teoría hidrodinámica.
- Caracterización experimental de los BECs: termometría, espectroscopía e interferometría atómica

Dedicación: 8h

Grupo grande/Teoría: 8h

Y más...

Descripción:

Sistemas desordenados, interacciones de largo alcance, modelos de Hubbard, sistemas de baja dimensionalidad, fermiones ultrafríos.

Dedicación: 3h

Grupo grande/Teoría: 3h

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

Las dos actividades de evaluación serán:

- Examen escrito (50%)
- Entrega de problemas (50%)

Se realizará un examen oral de repesca para aquellos alumnos que no hayan aprobado la asignatura una vez se haya evaluado el examen escrito y la entrega de problemas.

BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- Pethick, C.J.; Smith, H. Bose-Einstein condensation in dilute gases. 2nd ed. Cambridge ; New York: Cambridge University Press, 2008. ISBN 9780521846516.
- Pitaevskii, L.P.; Stringari, S. Bose Einstein condensation. Oxford University Press: Clarendon Press, 2003. ISBN 0198507194.
- Fox, M. Quantum optics : an introduction. 2006. ISBN 0198566727.
- Metcalf, H.J.; Van der Straten, P. Laser cooling and trapping. New York: Springer, 1999. ISBN 0387987479.
- Foot, C.J. Atomic physics [en línea]. Oxford: Oxford University, 2005 [Consulta: 25/09/2025]. Disponible a: <https://academic-oup-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/52827>. ISBN 0198506953.
- Cohen-Tannoudji, C.; Guery-Odelin, D. Advances in atomic physics : an overview. Singapore: World Scientific, 2011. ISBN 9789812774972.
- Dalibard, J. "Collisional dynamics of ultra-cold atomic gases". Proceedings of the International School of Physics Enrico Fermi, Course CXL [en línea]. 1998 [Consulta: 28/04/2017]. Disponible a: <http://www.phys.ens.fr/~dalibard/publications/varenna98.pdf>.

Complementaria:

- Legget, A.J. "Bose-Einstein condensation in the alkali gases: Some fundamental concepts". Reviews of modern physics [en línea]. 2001, vol. 73, núm 2, pag 307-356 (April 2001) [Consulta: 17/07/2017]. Disponible a: https://www.researchgate.net/publication/239443683_Bose-Einstein_condensation_in_the_alkali_gases_Some_fundamental_concepts.
- Bongs, K.; Sengstock, K. "Physics with coherent matter waves". Reports on progress in physics [en línea]. 2004, v. 67, núm. 6, p. 907-963 [Consulta: 17/07/2017]. Disponible a: <https://arxiv.org/abs/cond-mat/0403128v1>.
- Dalfovo, F.; Giorgini, S.; Pitaevskii, L.P.; Stringari, S. "Theory of Bose-Einstein condensation in trapped gases". Reviews of modern physics [en línea]. 71, 463 (1 April 1999) [Consulta: 17/07/2017]. Disponible a: <https://arxiv.org/abs/cond-mat/9806038>.
- Ketterle, W.; Durfee, D.S.; Stamper-Kurn, D.M. "Making, probing and understanding Bose-Einstein condensates". International School of Physics "Enrico Fermi". (1998: Varenna, Italia) [en línea]. 1999, vol 40 (p.67-166) [Consulta: 17/07/2017]. Disponible a: <https://arxiv.org/abs/cond-mat/9904034v2>.
- Barengui, Carlo; Parker, Nick G. A primer on quantum fluids [en línea]. Springer, 2016 [Consulta: 21/06/2023]. Disponible a: <https://arxiv.org/pdf/1605.09580>. ISBN 978-3319424743.

RECURSOS

Enlace web:

- Lectures du College de France by C. Cohen-Tannoudji. courses 1998-1999, 1999-2000.. <http://www.phys.ens.fr/cours/college-de-france/>