

Guía docente

230491 - QTECH - Tecnologías Cuánticas

Última modificación: 24/05/2026

Unidad responsable: Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación de Barcelona
Unidad que imparte: 748 - FIS - Departamento de Física.

Titulación: GRADO EN INGENIERÍA FÍSICA (Plan 2011). (Asignatura optativa).

Curso: 2026 **Créditos ECTS:** 6.0 **Idiomas:** Inglés

PROFESORADO

Profesorado responsable: JAVIER ARGÜELLO LUENGO

Otros: Primer quadrimestre:
JAVIER ARGÜELLO LUENGO - 10
PAU FARGAS REIXATS - 10

CAPACIDADES PREVIAS

Conceptos básicos de la mecánica cuántica y sus postulados, incluyendo la definición de estados y operadores en una base discreta y la evolución temporal de estados cuánticos y matrices de densidad.

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Específicas:

4. Conocimiento y comprensión de la interacción entre la radiación y la materia en sistemas fotónicos. Conocimiento de los dispositivos fotónicos y aptitud para utilizarlos. Conocimiento de sus aplicaciones en nanotecnología, ciencia de materiales, comunicaciones y biofísica.
5. Conocimiento de la estructura de la materia y de sus propiedades a nivel atómico y molecular. Aptitud para analizar el comportamiento de materiales, sistemas electrónicos y biofísicos, y la interacción entre radiación y materia.

Genéricas:

3. CAPACIDAD PARA IDENTIFICAR, FORMULAR Y RESOLVER PROBLEMAS DE INGENIERÍA FÍSICA. Capacidad para plantear y resolver problemas de ingeniería física con iniciativa, tomada de decisiones y creatividad. Desarrollar métodos de análisis y solución de problemas de forma sistemática y creativa.

Transversales:

1. TERCERA LENGUA: Conocer una tercera lengua, que será preferentemente inglés, con un nivel adecuado de forma oral y por escrito y en consonancia con las necesidades que tendrán las tituladas y los titulados en cada enseñanza.
2. APRENDIZAJE AUTÓNOMO - Nivel 3: Aplicar los conocimientos alcanzados en la realización de una tarea en función de la pertinencia y la importancia, decidiendo la manera de llevarla a cabo y el tiempo que es necesario dedicarle y seleccionando las fuentes de información más adecuadas.

METODOLOGÍAS DOCENTES

Este curso comienza con una introducción a los aspectos fundamentales de la información cuántica y la óptica cuántica. Utilizando estas herramientas, la segunda parte del programa explora algoritmos cuánticos y su posible implementación en ordenadores cuánticos de última generación. Cada tema combinará sesiones teóricas y orientadas a la resolución de problemas, guiadas por los instructores del curso.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

- 1) Comprender el desarrollo histórico de la teoría cuántica y las tecnologías emergentes.
- 2) Comprender los conceptos básicos de la teoría cuántica, su papel e importancia en el desarrollo de tecnologías cuánticas, y cómo utilizarlas.
- 3) Comprender el desarrollo actual de las tecnologías cuánticas y sus aplicaciones: criptografía cuántica, entrelazamiento, computación cuántica.

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTE

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas aprendizaje autónomo	85,0	56.67
Horas grupo grande	65,0	43.33

Dedicación total: 150 h

CONTENIDOS

1. Información cuántica

Descripción:

Definición de cúbit, superposiciones y su representación en la esfera de Bloch.
Estados puros y mixtos. Matriz de densidad.
Mediciones ortogonales y generalizadas. POVM (Medidas de Operadores Positivos). Tomografía cuántica.
Entrelazamiento. Descomposición de Schmidt. Estados de Bell.
¿Qué tan diferentes son dos estados cuánticos? Fidelidad.
Evolución de estados cuánticos en sistemas abiertos: operaciones cuánticas.

Dedicación: 34h 30m

Grupo grande/Teoría: 15h

Aprendizaje autónomo: 19h 30m

2. Computación cuántica

Descripción:

Operadores y puertas cuánticas.
Base universal. Matrices de Pauli y su efecto en la esfera de Bloch.
Puertas de 2 cúbits: CNOT cuántica, swap, puertas CU.
Puertas de 3 cúbits: CSWAP, CCNOT, etc.
Algoritmos:
Un ejemplo académico: El algoritmo de Deutsch.
Transformada cuántica de Fourier. El algoritmo de Shor y su impacto en RSA.
Estabilizadores y algoritmo de Grover.

Dedicación: 34h 30m

Grupo grande/Teoría: 15h

Aprendizaje autónomo: 19h 30m

3. Hardware cuántico

Descripción:

¿Qué es un ordenador cuántico universal? Criterios de DiVincenzo.

Arquitecturas de computación.

Circuitos superconductores: cúbits de flujo, criostatos.

Átomos: láser, interacciones luz-materia, oscilación de Rabi, trampas ópticas, bloqueo de Rydberg.

Trampas de iones: trampa de Paul, direccionamiento de banda lateral.

Circuitos fotónicos: codificación de cúbits, elementos ópticos, cuantización del campo óptico, experimentos de Hong-Ou-Mandel.

El papel de las imperfecciones, la decoherencia y su efecto en la esfera de Bloch.

Introducción a la corrección de errores cuánticos.

Actividades vinculadas:

Implementación práctica de algoritmos cuánticos utilizando dispositivos cuánticos reales.

Dedicación: 46h

Grupo grande/Teoría: 20h

Aprendizaje autónomo: 26h

4. Comunicación cuántica

Descripción:

Teorema de no clonación.

Estados de Bell y codificación superdensa.

Teletransporte cuántico.

Criptografía clásica frente a criptografía cuántica.

Protocolos de distribución de claves: BB84, B89, E91.

Localidad y desigualdades de Bell.

Dedicación: 34h 30m

Grupo grande/Teoría: 15h

Aprendizaje autónomo: 19h 30m

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

Cualquier acto de fraude académico, plagio o uso o mera tenencia al alcance de medios no autorizados en cualquier actividad de evaluación comportará la calificación de cero (0) en la prueba o entrega afectada. Además, de acuerdo con la normativa de la Universidad, la posible derivación de los hechos para la apertura de un expediente disciplinario implicará que la asignatura quede en el estado provisional de "pendiente de evaluación" hasta la resolución del expediente. La gestión de estas incidencias se lleva a cabo de acuerdo con el [Marco de actuación para la integridad académica en la evaluación de la UPC](#).

La evaluación consta de tres partes:

- 1) Dos exámenes escritos, que representan en conjunto el 65% de la nota final.
- 2) Problemas asignados durante el curso para realizar en casa y entregar al profesor (20% de la nota final).
- 3) Implementación práctica de algoritmos cuánticos utilizando dispositivos cuánticos reales (15% de la nota final).

BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- Nielsen, M.A.; Chuang, I.L. Quantum computation and quantum information. 10th ed. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2010. ISBN 9781107002173.
- Mermin, N. D. Quantum computer science: an Introduction. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. ISBN 9780521876582.
- Preskill, John. Lecture Notes for Physics 229: Quantum information and computation [en línea]. California: California Institute of Technology, 1998 [Consulta: 10/07/2025]. Disponible a: https://www.lorentz.leidenuniv.nl/quantumcomputers/literature/preskill_1_to_6.pdf.

Complementaria:

- Argüello Luengo, Javier; González Tudela, Alejandro; Cirac Sastráin, Juan Ignacio. Simuladores cuánticos : construyendo las maquetas del mundo microscópico. Madrid: Catarata, 2025. ISBN 9788410674233.