

## Guía docente

### 300050 - TIQ - Tecnologías de Información Cuántica

Última modificación: 06/06/2024

**Unidad responsable:** Escuela de Ingeniería de Telecomunicación y Aeroespacial de Castelldefels  
**Unidad que imparte:** 748 - FIS - Departamento de Física.

**Titulación:** GRADO EN INGENIERÍA DE SISTEMAS DE TELECOMUNICACIÓN (Plan 2009). (Asignatura obligatoria).  
GRADO EN INGENIERÍA TELEMÁTICA (Plan 2009). (Asignatura obligatoria).  
GRADO EN INGENIERÍA DE SISTEMAS AEROESPACIALES (Plan 2015). (Asignatura optativa).

**Curso:** 2024 **Créditos ECTS:** 6.0 **Idiomas:** Catalán, Castellano, Inglés

#### PROFESORADO

**Profesorado responsable:** Definit a la pàgina web del curs al lloc web de l'EETAC.

**Otros:** Definit a la pàgina web del curs al lloc web de l'EETAC.

#### COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

##### Transversales:

1. COMUNICACIÓN EFICAZ ORAL Y ESCRITA: Comunicarse de forma oral y escrita con otras personas sobre los resultados del aprendizaje, de la elaboración del pensamiento y de la toma de decisiones; participar en debates sobre temas de la propia especialidad.
2. 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.
3. TRABAJO EN EQUIPO - Nivel 1: Participar en el trabajo en equipo y colaborar, una vez identificados los objetivos y las responsabilidades colectivas e individuales, y decidir conjuntamente la estrategia que se debe seguir.
4. 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

#### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

#### HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTE

| Tipo                        | Horas | Porcentaje |
|-----------------------------|-------|------------|
| Horas grupo grande          | 42,0  | 28.00      |
| Horas actividades dirigidas | 24,0  | 16.00      |
| Horas aprendizaje autónomo  | 84,0  | 56.00      |

**Dedicación total:** 150 h

## CONTENIDOS

### INTRODUCCIÓ A LA FÍSICA QUÀNTICA

#### Descripción:

- Introducción histórica: radiación electromagnética, radiación de un cuerpo negro, la ley de Wien y la ley de Stefan-Boltzmann.
- El cuerpo negro, la ley de Planck. Dualidad-onda corpúsculo, ley de De Broglie. Difracción de electrones. Cuantización de la energía. Efecto fotoeléctrico. Modelo de átomo de Bohr.
- La ecuación de Schrödinger. Interpretación probabilística de la función de onda. Estados cuánticos y entrelazamiento. Potenciales unidimensionales. El pozo cuadrado de potencial. El efecto túnel.
- El principio de incertidumbre de Heisenberg. Superposición de estados. Principio de incertidumbre del momento lineal-posición, principio de incertidumbre de la energía-tiempo.
- Momento magnético y momento de spin. Momento angular de sistemas atómicos. Orbitales atómicos y niveles de energía. Principio de exclusión de Pauli
- Aplicación de la mecánica cuántica en el estado sólido: semiconductores, superconductores y láseres.

#### Dedicación: 22h

Grupo grande/Teoría: 7h

Actividades dirigidas: 3h

Aprendizaje autónomo: 12h

### COMPUTACIÓ QUÀNTICA

#### Descripción:

- Definición de qubits. La esfera de Bloch.
- Operaciones con qubits: matrices de Pauli y matriz de Hadamard. Sistemas de diversos qubits: entanglement y estados de Bell. Puertas cuánticas.
- Circuitos cuánticos. Computadores deterministas, probabilísticos y cuánticos. La máquina de Turing.
- Aplicaciones básicas con circuitos cuánticos: teorema de no clonación, paralelismo cuántico, generadores-medidores de estados de Bell, superdense coding, teleportación.
- Algoritmos y emuladores cuánticos. El algoritmo de Shor. El algoritmo de Grover.
- Medida cuántica. Operadores de medida. Matriz densidad: estados puros y mixtos. Tomografía cuántica.

#### Dedicación: 45h

Grupo grande/Teoría: 14h

Actividades dirigidas: 6h

Aprendizaje autónomo: 25h

### PROCESADORES QUÀNTICOS

#### Descripción:

- Hardware cuántico. Requisitos generales. Criterios de DiVincenzo para un Ordenador cuántico Universal.
- Supremacía o ventaja cuántica. Procesadores cuánticos actuales.
- Modelo de Computador Cuántico Óptico. Elementos ópticos: polarizadores, retardadores, wave-plates, BBOs, beam-splitters y detectores. Modo polarizado y modo espacial. Interferómetro de Mach-Zehnder. Ejemplo de teleportación basado en el experimento de las Islas Canarias.

#### Dedicación: 38h

Grupo grande/Teoría: 11h

Actividades dirigidas: 5h

Aprendizaje autónomo: 22h

## COMUNICACIÓN CUÁNTICA

### Descripción:

- .- Criptografia Clàssica vs. Quàntica.
- .- Sessió de Distribució Quàntica de Clau. Protocols bàsics: BB84, B89 i E91.
- .- Elements clàssics de la teoria de la informació. Entropia de Shannon.
- .- Informació Quàntica. Definició de l'entropia quàntica. Teorema de Holevo.
- .- Compresió quàntica de dades i correcció d'errors quàntics.

### Dedicación: 45h

Grupo grande/Teoría: 10h

Actividades dirigidas: 10h

Aprendizaje autónomo: 25h

## ACTIVIDADES

### (CAST) (AV1): CONTROL DE PROBLEMES DELS TEMES 1 I 2

#### Dedicación: 6h 30m

Grupo grande/Teoría: 1h 30m

Aprendizaje autónomo: 5h

### (CAST) (AV2): CONTROL DE PROBLEMES DELS TEMES 3 I 4

#### Dedicación: 6h 30m

Grupo grande/Teoría: 1h 30m

Aprendizaje autónomo: 5h

### (CAST) (AV3): ACTIVITATS DIRIGIDES D'APLICACIONS PRÀCTIQUES

#### Dedicación: 81h

Actividades dirigidas: 21h

Aprendizaje autónomo: 60h

### (CAST) (AV4): PROJECTE APLICACIÓ DE LES TECNOLOGIES DE LA INFORMACIÓ QUÀNTICA

#### Dedicación: 25h

Grupo grande/Teoría: 2h

Actividades dirigidas: 3h

Aprendizaje autónomo: 20h

### (CAST) (AV5): EXAMEN DE MIG QUADRIMESTRE

#### Dedicación: 1h 30m

Actividades dirigidas: 1h 30m

**(CAST) (AV6): EXAMEN DE FINAL DE QUADRIMESTRE**

**Dedicación:** 1h 30m  
Actividades dirigidas: 1h 30m

## SISTEMA DE CALIFICACIÓN

## BIBLIOGRAFÍA

### Básica:

- Nielsen, M.A.; Chuang, I.L. Quantum computation and quantum information. 10th ed. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2010. ISBN 9781107002173.
- Desurvire, Emmanuel. Classical and quantum information theory : an introduction for the telecom scientist [en línea]. Cambridge ; New York: Cambridge University Press, 2009 [Consulta: 26/07/2022]. Disponible a : <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=424585>. ISBN 9780521881715.
- Scarani, Valerio. Six quantum pieces : a first course in quantum physics. Singapore: World Scientific, 2011. ISBN 9789814327541.

### Complementaria:

- Kaye, Phillip; Laflamme, Raymond; Mosca, Michele. An Introduction to quantum computing [en línea]. Oxford [etc.]: Oxford University Press, 2007 [Consulta: 13/12/2022]. Disponible a : <https://academic-oup-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/41807?searchresult=1>. ISBN 9780198570493.
- Scarani, Valerio. Quantum Physics : a first encounter : interference, entanglement, and reality [en línea]. Oxford: Oxford University Press, 2006 [Consulta: 26/07/2022]. Disponible a : <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=422472>. ISBN 9780198570479.
- Tipler, Paul Allen; Mosca, Gene. Física para la ciencia y la tecnología(VOL. 1) [en línea]. 5a ed. Barcelona [etc.]: Reverté, 2005 [Consulta: 26/07/2022]. Disponible a : [https://www-ingebook-com.recursos.biblioteca.upc.edu/ib/NPcd/IB\\_BooksVis?cod\\_primaria=1000187&codigo\\_libro=10372](https://www-ingebook-com.recursos.biblioteca.upc.edu/ib/NPcd/IB_BooksVis?cod_primaria=1000187&codigo_libro=10372). ISBN 8429144102.
- Zeilinger, Anton; Ekert, A.; Bouwmeester, Dirk. The Physics of quantum information : quantum cryptography, quantum teleportation, quantum computation. Berlin: Springer, 2000. ISBN 3540667784.
- Tipler, Paul Allen; Mosca, Gene. Física per a la ciència i la tecnologia(VOL. 2) [en línea]. Barcelona [etc.]: Reverté, 2010 [Consulta: 26/07/2022]. Disponible a : [https://www-ingebook-com.recursos.biblioteca.upc.edu/ib/NPcd/IB\\_BooksVis?cod\\_primaria=1000187&codigo\\_libro=10373](https://www-ingebook-com.recursos.biblioteca.upc.edu/ib/NPcd/IB_BooksVis?cod_primaria=1000187&codigo_libro=10373). ISBN 9788429144321.