

Fecha de aprobación: 23/06/2023

Guía docente de la asignatura

**Información Cuántica y Aplicaciones (26711H1)**

<b>Grado</b>	Grado en Física	<b>Rama</b>	Ciencias				
<b>Módulo</b>	Física Matemática e Información Cuántica	<b>Materia</b>	Información Cuántica y Aplicaciones				
<b>Curso</b>	4 <sup>o</sup>	<b>Semestre</b>	2 <sup>o</sup>	<b>Créditos</b>	6	<b>Tipo</b>	Optativa

**PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES**

Para poder seguir el curso se requiere un dominio suficiente de las materias correspondientes a los módulos de Fundamentos cuánticos.  
Poseer la capacidad de leer y comprender textos en inglés científico.

**BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (Según memoria de verificación del Grado)**

- Entrelazamiento cuántico.** Concepto; teorema de Einstein-Podolsky-Rosen y desigualdades de Bell; entropías cuánticas.
- Medida Cuántica.** Teoría de la medida; desarrollos teóricos principales; interpretaciones y experimentos; base preferida y decoherencia.
- Desarrollos experimentales recientes.** Indeterminación, complementariedad y dualidad interferométrica; gato de Schrödinger; elección retardada; borrado cuántico.
- Aplicaciones.** Computación cuántica; teletransporte cuántico; criptografía cuántica; juegos cuánticos.

**COMPETENCIAS ASOCIADAS A MATERIA/ASIGNATURA****COMPETENCIAS GENERALES**

- CG01 - Capacidad de análisis y síntesis
- CG02 - Capacidad de organización y planificación
- CG05 - Capacidad de gestión de la información
- CG08 - Razonamiento crítico
- CG09 - Aprendizaje autónomo

**COMPETENCIAS ESPECÍFICAS**

- CE01 - Conocer y comprender los fenómenos y las teorías físicas más importantes.
- CE06 - Elaborar proyectos de desarrollo tecnológico y/o de iniciación a la investigación científica.
- CE07 - Trasmitir conocimientos de forma clara tanto en ámbitos docentes como no docentes.
- CE09 - Aplicar los conocimientos matemáticos en el contexto general de la física.

## RESULTADOS DE APRENDIZAJE (Objetivos)

Tras cursar satisfactoriamente la asignatura, el alumno:

a) Conocería:

- Las principales cuestiones sobre fundamentos de la mecánica cuántica, la información cuántica, la computación cuántica y la comunicación cuántica.
- El significado del entrelazamiento cuántico como fenómeno científico y herramienta tecnológica.
- Nociones básicas sobre la concepción cuántica de la medida y los principales desarrollos teóricos relacionados.
- Algunos de los más recientes desarrollos experimentales en el campo.
- Las principales aplicaciones de la materia.

b) Debería:

- Haber percibido la gran revolución conceptual que ha supuesto la teoría cuántica.
- Ser capaz de abordar la principal bibliografía relacionada, comprendiendo los problemas planteados y las implementaciones experimentales acometidas.
- Haber comprendido la trascendencia sobre las aplicaciones actuales más importantes de la Información Cuántica, Computación Cuántica y la Comunicación Cuántica, y ser capaz de realizar explicaciones coherentes sobre ellas.

## PROGRAMA DE CONTENIDOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS

### TEÓRICO

- Tema 1. Introducción (Qubits. Puertas y circuitos cuánticos. Algoritmo de Deutsch)
- Tema 2. Matriz densidad (Colectividades y subsistemas. Mezcla estadística. Estados puros y mezcla de un qubit. Descomposición de Schmidt. Purificación)
- Tema 3. Entrelazamiento (Desigualdades de Bell. Algunas aplicaciones del entrelazamiento. Condiciones de separabilidad. Destilación y formación de entrelazamiento. Operaciones locales y comunicación clásica. Medidas de entrelazamiento)
- Tema 4. Dinámica cuántica generalizada (Canales cuánticos. Teorema de no clonación. Comunicación supralumínica)
- Tema 5. Teoría de la medida cuántica (Medidas proyectivas. Medidas generalizadas. Teorema de Naimark. Estrategias para discriminación de estados)
- Tema 6. Criptografía cuántica
- Tema 7. Algoritmos cuánticos (Algoritmos de Deutsch-Jozsa, de Berstein-Vazirani, de Grover, de Simon. Transformada de Fourier y estimación de fases)
- Tema 8. Máquinas cuánticas
- Tema 9. Decoherencia y corrección de errores (Codificación de Shor. Método de estabilizadores)

### PRÁCTICO



## BIBLIOGRAFÍA

### BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL

- J. A. Bergou & M. Hillery, Introduction to the Theory of Quantum Information Processing (Springer, 2013).
- N. Nielsen & I. L. Chuang, Quantum Computation and Quantum Information (Cambridge UP, 2010).
- S. Barnett, Quantum Information (Oxford UP, 2009).
- J. Audretsch, Entangled Systems: New Directions in Quantum Physics (Wiley-VCH, 2007).
- D. McMahon, Quantum Computing Explained (Wiley, 2008).
- J. Preskill, Notas del curso (<https://theory.caltech.edu/~preskill/ph229/>)
- J. A. Bergou, M. Hillery & M. Saffman, Quantum Information Processing. Theory and Implementation (Springer, 2021).

### BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- H. T. Williams, Discrete Quantum Mechanics (Morgan & Claypool Publishers, IOP, 2015).
- D. C. Marinescu, Classical and Quantum Information (Academic Press, 2011).
- E. G. Rieffel, Quantum Computing: A Gentle Introduction (M.I.T. Press, 2011).
- A. Zagoskin, Quantum Engineering: Theory and Design of Quantum Coherent Structures (Springer, 2011).
- A. Renyi, Diary on information theory (Wiley, 1987).
- R. P. Feynman, Lectures on Computation (Addison-Wesley, 1996)
- L. Brillouin, Science and Information Theory (Academic Press, 1962).
- T. M. Cover, J. A. Thomas, Elements of Information Theory (Wiley, 1991).
- N. Abramson, Information Theory and Coding (McGraw-Hill, 1963).
- R. G. Gallager, Information Theory and reliable communication (Wiley, 1983).
- G. Benenti, G. Casati, & G. Strini, Principles of Quantum Computation and Information, vols. I y II (World Scientific, 2007).
- B. Schumacher & M. D. Westmoreland, Quantum Processes, Systems and Information (Cambridge UP, 2010).
- M. M. Wilde, Quantum Information Theory (Cambridge UP, 2013).
- J. A. Jones & D. Jaksch, Quantum Information, Computation and Communication (Cambridge UP, 2012).
- V. Vedral, Introduction to Quantum Information Science (Oxford UP, 2006).
- G. Jaeger, Quantum Information: An Overview (Springer, 2007).
- A. Albert et al, Quantum Information. An Introduction to Basic Theoretical Concepts and Experiments (Springer, 2001).
- W. H. Steeb, Problems & Solutions in Quantum Computing & Quantum Information (World Scientific, 2004).
- E. Desurvire, Classical and Quantum Information Theory: An Introduction for the Telecom Scientist (Cambridge UP, 2011).
- I. Bengtsson & C. Zyczkowski, Geometry of Quantum States: An Introduction to Quantum Entanglement (Cambridge UP, 2006).



## ENLACES RECOMENDADOS

- <https://theory.caltech.edu/~preskill/ph229/>
- [Quantum computers ready to leap out of the lab in 2017, Nature,](#)
- <https://www.quantumoptics.net/>
- <https://www.iqoqi.at/en/>
- <https://qserver.usc.edu/quantum-links/>

## METODOLOGÍA DOCENTE

- MD01 - Lección magistral/expositiva

## EVALUACIÓN (instrumentos de evaluación, criterios de evaluación y porcentaje sobre la calificación final)

### EVALUACIÓN ORDINARIA

- La evaluación será continua y se realizará mediante exámenes de teoría y problemas, prácticas de ordenador y trabajos opcionales, en los que los estudiantes tendrán que demostrar las competencias adquiridas.
- Para la superación de la asignatura se requerirá un conocimiento uniforme y equilibrado de toda la materia.

La calificación del examen final constituirá el 70% de la nota y el 30% restante se evaluará según: participación en clase, entrega de trabajos y problemas, controles periódicos orales o escritos.

### EVALUACIÓN EXTRAORDINARIA

- Opción 1. Un examen único que incluirá varias cuestiones teórico-prácticas y problemas que constituye el 100% de la nota.
- Opción 2. Un examen único que incluirá varias cuestiones teórico-prácticas y problemas que constituye el 70% de la nota a sumar al 30% de la evaluación continua del curso si el alumno expresa explícitamente su preferencia por esta opción.

### EVALUACIÓN ÚNICA FINAL

Evaluación única final: Aquellos estudiantes que, siguiendo la Normativa de la UGR en los términos y plazos que en ella se exigen, se acojan a esta modalidad de evaluación, realizarán un examen que incluirá varias cuestiones teórico-prácticas y problemas.

