

Fecha de aprobación: 20/06/2022

Guía docente de la asignatura

Información Cuántica y Aplicaciones (26711H1)

Grado	Grado en Física	Rama	Ciencias				
Módulo	Física Matemática e Información Cuántica	Materia	Información Cuántica y Aplicaciones				
Curso	4 ^o	Semestre	2 ^o	Créditos	6	Tipo	Optativa

PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES

Se recomienda haber superado las materias correspondientes a los módulos de Fundamentos cuánticos y Métodos matemáticos y programación. Poseer la capacidad de leer textos en inglés científico comprendiendo su contenido.

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.
- Haber comprendido los actuales debates interpretativos abiertos sobre la teoría cuántica y sus nuevos desarrollos teóricos generados, y haber realizado exposiciones coherentes sobre ellos.
- 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. Información clásica. Entropía de Shannon. Información mutua. Comunicación clásica. Codificación y compresión. Corrección de errores. Teoremas de Shannon y capacidad. Computación reversible y principio de Landauer. Criptografía clásica. Claves públicas.

Tema 2. Información Cuántica. Formalismo de la matriz densidad. Concepto y contenido de información cuántica. Sistemas bipartitos. Matriz densidad reducida. Decoherencia cuántica. La esfera de Bloch. Sistemas físicos de dos y más qubits. Medidas de información y de entrelazamiento. Descomposición de Schmidt. Purificaciones. Fidelidad. Separabilidad. Cota de Helstrom.

Tema 3. Comunicación Cuántica. Procesamiento de la información cuántica. Desigualdades de Bell. Teorema de Kochen-Specker y contextualidad. Criptografía y teleportación cuánticas.



Capacidad cuántica. Cotas de Holevo y Schumacher.

Tema 4. **Computación Cuántica**. Protocolos cuánticos. Puertas lógicas cuánticas. Redes y circuitos cuánticos. Paralelismo cuántico. Algoritmos cuánticos. Computadores cuánticos. Corrección de errores.

PRÁCTICO

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL

BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL:

- J.A. Bergou & M. Hillery, Introduction to the Quantum Information Processing (Springer, 2013).
- 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, and 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).
- N. Nielsen & I.L. Chuang, Quantum Computation and Quantum Information (Cambridge UP, 2010).
- M.M. Wilde, Quantum Information Theory (Cambridge UP, 2013).
- S. Barnett, Quantum Information (Oxford UP, 2009).
- J.A. Jones & D. Jaksch, Quantum Information, Computation and Communication (Cambridge UP, 2012).
- I. Bengtsson & C. Zyczkowski, Geometry of Quantum States: An Introduction to Quantum Entanglement (Cambridge UP, 2006).
- 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).
- D. McMahon, Quantum Computing Explained (Wiley, 2008).
- E. Desurvire, Classical and Quantum Information Theory: An Introduction for the Telecom Scientist (Cambridge UP, 2011).

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).

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.

