

MÓDULO	MATERIA	CURSO	SEMESTRE	CRÉDITOS	TIPO
Física Matemática e Información Cuántica	Información Cuántica	4º	2º	6	Optativa
PROFESORES ⁽¹⁾			Dpto. Física Atómica, Molecular y Nuclear, Facultad de Ciencias, Avda Fuentenueva s/n 18071 Granada Tel. 958 24 61 70. E-correo: earriola@ugr.es		
<ul style="list-style-type: none"> Enrique Ruiz Arriola 			Dpto. Física Atómica, Molecular y Nuclear, 3ª planta de Físicas, Facultad de Ciencias. Despacho nº 139. Correo electrónico: earriola@ugr.es		
			HORARIO DE TUTORÍAS Y/O ENLACE A LA PÁGINA WEB DONDE PUEDAN CONSULTARSE LOS HORARIOS DE TUTORÍAS ⁽¹⁾		
			Cuatrimestre 1º: L 11-13, X 11-13, J 11-13 Cuatrimestre 2º: L 11-13, X 11-13, J 11-13		
GRADO EN EL QUE SE IMPARTE			OTROS GRADOS A LOS QUE SE PODRÍA OFERTAR		
Grado en Física			Grado en Matemáticas		
PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES (si procede)					
<ul style="list-style-type: none"> Conocimientos de mecánica cuántica elemental y de álgebra lineal. Poseer la capacidad de leer textos en inglés científico comprendiendo su contenido. 					

¹ Consulte posible actualización en Acceso Identificado > Aplicaciones > Ordenación Docente

(∞) Esta guía docente debe ser cumplimentada siguiendo la "Normativa de Evaluación y de Calificación de los estudiantes de la Universidad de Granada" ([http://secretariageneral.ugr.es/pages/normativa/fichasugr/ngc7121/!](http://secretariageneral.ugr.es/pages/normativa/fichasugr/ngc7121/))



BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (SEGÚN MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL GRADO)

- Entropías clásicas: concepto y aplicaciones científicas y tecnológicas.
- Formalismo de la matriz densidad. Sistemas de uno y dos qubits.
- Entrelazamiento cuántico. Descomposición de Schmidt. Purificación.
- Entropías cuánticas. Medidas de entrelazamiento. Desigualdades de Bell.
- Comunicación cuántica: teorema de no-clonación, criptografía y teleportación cuánticas
- Computación cuántica.

COMPETENCIAS GENERALES Y ESPECÍFICAS

Generales

- CT1: Capacidad de análisis y síntesis.
- CT2: Capacidad de organización y planificación.
- CT5: Capacidad de gestión de la información.
- CT8: Razonamiento crítico.
- CT9: Aprendizaje autónomo.

Específicas

- CE1: Conocimiento y comprensión de los fenómenos y las teorías físicas más importantes.
- UCE3.2: Capacidad de profundizar en la aplicación de los conocimientos físicos y matemáticos en el contexto general de la Información Cuántica.
- CE6: Capacidad para elaborar proyectos de iniciación a la investigación científica en el ámbito de la Información Cuántica.
- CE7: Capacidad de transmitir conocimientos de forma clara tanto en ámbitos docentes como no docentes.

OBJETIVOS (EXPRESADOS COMO RESULTADOS ESPERABLES DE LA ENSEÑANZA)

Tras cursar satisfactoriamente la asignatura, el alumno:

a) Conocerá:

- Las principales cuestiones sobre fundamentos de la mecánica cuántica, la información clásica y cuántica, la comunicación cuántica, la computación 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) Deberá:

- 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

TEMARIO DETALLADO DE LA ASIGNATURA



TEMARIO TEÓRICO:

Tema0. **Introducción.** Regla de platino y teorema H. Principio de máxima entropía y termodinámica. Álgebra de Boole. Puertas y circuitos lógicos. Probabilidades. Desigualdades contrafactuales. Aleatoriedad real y aparente. Correlaciones. Probabilidad y objetos perdidos.

Tema 1. **Información clásica.** Entropías de Shannon, Rényi y Tsallis. Comunicación clásica. Digitalización y muestreo de señales. Información mutua. Entropía relativa. Codificación y compresión. Corrección de errores. Teoremas de Shannon y capacidad. Computación reversible y principio de Landauer. Termodinámica de la computación. Computabilidad. Información algorítmica y complejidad. Criptografía clásica. Claves públicas.

Tema 2. **Información Cuántica.** Formalismo del operador densidad. Ecuación de Landau-von Neumann. Concepto y contenido de información. Matriz densidad reducida. Decoherencia cuántica. Positividad completa. Medidas cuánticas. Bits cuánticos y su implementación física. La esfera de Bloch. Polarización. Sistemas de dos y más qubits. Medidas de información y de entrelazamiento. Descomposición de Schmidt. Purificaciones. Fidelidad. Separabilidad. Teorema de Kochen-Specker y contextualidad.

Tema 3. **Comunicación Cuántica.** Procesamiento de la información cuántica. La paradoja EPR. Desigualdades de Bell. Teoremas de imposibilidad. Criptografía y Teleportación cuánticas. Capacidad cuántica. Cotas de Holevo y Schumacher.

Tema 4. **Computación Cuántica.** Puertas lógicas cuánticas. Redes y circuitos cuánticos. Principios generales. Paralelismo cuántico. Algoritmos cuánticos. Computadores cuánticos.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL:

- J.A. Bergou & M. Hillery, Introduction to the Quantum Information Processing (Springer, Berlin, 2013)
- G. Benenti, G. Casati, and G. Strini, Principles of Quantum Computation and Information. Vols. I and II (World Scientific, Singapore, 2007).
- B. Schumacher & M.D. Westmoreland, Quantum Processes, Systems and Information. (Cambridge University Press, Cambridge, 2010).
- N. Nielsen & I.L. Chuang, Quantum Computation and Quantum Information (Cambridge U. P., Cambridge, 2010).
- M. M. Wilde, Quantum Information Theory (Cambridge U.P., Cambridge, 2013)
- J.A. Jones & D. Jaksch, Quantum Information, Computation and Communication (Cambridge Univ. Press, Cambridge, 2012).
- I. Bengtsson & C. Zyczkowski, Geometry of Quantum States: An Introduction to Quantum Entanglement (Cambridge U. P., Cambridge, 2006).
- V. Vedral, Introduction to Quantum Information Science. (Oxford U.P., Oxford, 2006)
- G. Jaeger, Quantum Information: An Overview (Springer, Berlin, 2007)
- A. Albert et al, Quantum Information. An Introduction to Basic Theoretical Concepts and Experiments; Springer; Berlin, 2001.
- M. M. Wilde, From Classical to Quantum Shannon Theory (Lecture Notes LSU, 2016)
- W.H. Steeb, Problems & Solutions in Quantum Computing & Quantum Information (World Scientific, Singapore, 2004).
- D. McMahon, Quantum Computing Explained (Wiley, N.Y., 2008)

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA:

- H. T. Williams, Discrete Quantum Mechanics. (Morgan & Claypool Publishers, IOP, 2015)
- E. Desurvire, Classical and Quantum Information Theory: An Introduction for the Telecom Scientist (Cambridge U.P., Cambridge, 2011)



- D. C. Marinescu, Classical and Quantum Information (Academic Press, N.Y., 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)

ENLACES RECOMENDADOS

- John Preskill, <http://www.theory.caltech.edu/people/preskill/ph219/#lecture> o simplemente <http://theory.caltech.edu/~preskill/ph229/>
 - *Quantum computers ready to leap out of the lab in 2017*, Nature, <https://www.nature.com/news/quantum-computers-ready-to-leap-out-of-the-lab-in-2017-1.21239>
 - Grupos de investigación: <http://faeuat0.us.es/QIGUS/links.htm>, www.quantumoptics.net, <http://www.iqoqi.at/en/>, y www.qubit.org.
 - <http://qserver.usc.edu/quantum-links/>

METODOLOGÍA DOCENTE

- Metodología y distribución créditos:
- Clases teóricas: 3 ECTS
- Clases prácticas, problemas y seminarios: 2 ECTS
- Tutorías y exámenes: 1 ECTS

EVALUACIÓN (INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN, CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y PORCENTAJE SOBRE LA CALIFICACIÓN FINAL, ETC.)

CONVOCATORIA 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.
- La superación de cualquiera de las pruebas no se logrará sin 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, de forma complementaria, según: participación en clase, entrega de trabajos y problemas, controles periódicos orales o escritos.

CONVOCATORIA 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.

DESCRIPCIÓN DE LAS PRUEBAS QUE FORMARÁN PARTE DE LA EVALUACIÓN ÚNICA FINAL ESTABLECIDA EN LA "NORMATIVA DE EVALUACIÓN Y DE CALIFICACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA"

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.



INFORMACIÓN ADICIONAL



**UNIVERSIDAD
DE GRANADA**

INFORMACIÓN SOBRE TITULACIONES DE LA UGR
grados.ugr.es