

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:

Tema 1. **Información clásica.** Entropías de una distribución de probabilidad discreta y continua. Entropías de Shannon, Rényi y Tsallis. Información mútua. Aplicaciones científicas y tecnológicas.

Tema 2. **Información Cuántica.** Formalismo del operador densidad. Concepto y contenido de información. Bits cuánticos y su implementación física. La esfera de Bloch. Sistemas de dos y más qubits. Medidas de información y de entrelazamiento. Descomposición de Schmidt. Purificaciones. Fidelidad. Aplicaciones.

Tema 3. **Comunicación Cuántica.** Procesamiento de la información cuántica con fotones. La paradoja EPR y las desigualdades de Bell. Criptografía y Teleportación cuánticas: protocolos y aplicaciones.

Tema 4. **Computación Cuántica.** Puertas lógicas cuánticas. Redes y circuitos cuánticos. Principios generales. Paralelismo cuántico. Algoritmos cuánticos. Átomos e iones atrapados. 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.)

- 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

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