

MÓDULO	MATERIA	CURSO	SEMESTRE	CRÉDITOS	TIPO
Nombre del módulo	Nombre de la materia	2019-2020	2º	6	Optativa
PROFESORES ⁽¹⁾			DIRECCIÓN COMPLETA DE CONTACTO PARA TUTORÍAS (Dirección postal, teléfono, correo electrónico, etc.)		
<ul style="list-style-type: none"> Parte I: María Cruz Boscá Díaz-Pintado Parte II: Carmen García Recio 			<ul style="list-style-type: none"> María Cruz Boscá Díaz-Pintado Dpto. Física Atómica Molecular y Nuclear; Sección de Físicas, planta 3ª; despacho 127. Correo electrónico: bosca@ugr.es Carmen García Recio Dpto. Física Atómica, Molecular y Nuclear; sección de Físicas, planta 3ª; despacho 131. Correo electrónico: g_recio@ugr.es 		
			HORARIO DE TUTORÍAS Y/O ENLACE A LA PÁGINA WEB DONDE PUEDAN CONSULTARSE LOS HORARIOS DE TUTORÍAS ⁽¹⁾		
			<ul style="list-style-type: none"> M.C. Boscá (en su despacho): -C1: martes de 17h. a 20h. y miércoles de 12h. a 15h; C2: martes de 18h. a 21h. y miércoles de 12h. a 15h. Carmen García Recio (en su despacho): 1º semestre: X 12:00-14:00, J 16:00-19:00, V 10:00-11:00 2º semestre: M 17:00-19:00, J 18:00-19:00, V 10:00-12:00 Web: http://www.ugr.es/~famn/web/?Inicio:Tutor%EDas. 		
MÁSTER EN EL QUE SE IMPARTE			OTROS ESTUDIOS A LOS QUE SE PODRÍA OFERTAR		
Máster en Física: Radiaciones, Nanotecnología, Partículas y					

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/ncg7121/>)



Astrofísica.	
PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES (si procede)	
<ul style="list-style-type: none"> Los requisitos previos son los propios del acceso al Máster. 	
BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (SEGÚN MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL MÁSTER)	
Contextualidad de los observables cuánticos. Correlaciones y localidad. Entrelazamiento. Óptica cuántica. Coherencia. Fotones en información cuántica. Nuevos experimentos en física cuántica. Computación cuántica.	
COMPETENCIAS GENERALES Y ESPECÍFICAS	
<ul style="list-style-type: none"> CG4 - Capacidad de expresar y defender en público los resultados y conclusiones obtenidos como resultado del proceso de aprendizaje. Deberá desarrollar y dominar las técnicas de comunicación oral ante cualquier auditorio. Aprender a utilizar sus potencialidades personales para presentar resultados públicamente. Adquisición del convencimiento de que su conocimiento del trabajo realizado le convierte de inmediato en foco de interés y atención. CG5 - Capacidad de generación de propuestas innovadoras y competitivas en la investigación y en la actividad profesional. CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación. CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio. CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios. CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades. CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo. CE1 - Capacidad de interpretar datos procedentes de la observación experimental o la simulación numérica. CE2 - Capacidad de considerar rigurosamente las limitaciones e incertidumbres en los resultados y de los métodos que pueden aplicarse para minimizarlas. CE3 - Capacidad de profundizar en los distintos campos de la Física y de identificar los aspectos que se encuentran en los límites del conocimiento. CE4 - Capacidad de formular hipótesis, idear experimentos, manejar métodos de cálculo y simulación numérica y desarrollar modelos. 	
OBJETIVOS (EXPRESADOS COMO RESULTADOS ESPERABLES DE LA ENSEÑANZA)	
<p>-El alumno debería saber/comprender:</p> <ul style="list-style-type: none"> Las bases teóricas cuánticas de la física moderna, especialmente en su aplicación a fenómenos experimentales de reciente aparición. La importancia de las nuevas aplicaciones derivadas de la reciente fenomenología relacionada. 	



-El alumno sería capaz de:

- Adquirir un dominio de la disciplina que le permita iniciarse en nuevos campos a través del estudio independiente.
- Desarrollar un pensamiento crítico que le permita juzgar la corrección y adecuación de la información distribuida en los diversos canales de información científica.
- Resolver los problemas planteados, aplicando los métodos matemáticos y numéricos requeridos.
- Captar lo esencial de la aplicación de la teoría cuántica a algunas nuevas tecnologías en desarrollo.

TEMARIO DETALLADO DE LA ASIGNATURA

- 1. Contextualidad y no localidad de Bell.** Teoremas de Einstein-Podolsky-Rosen, de Bell y de Bell-Kochen-Specker. Realismo local y correlaciones cuánticas. Entrelazamiento.
- 2. Óptica cuántica.** Coherencia. Interferometría. Experimentos con fotones entrelazados.
- 3. Nuevos experimentos en física cuántica.** Complementariedad. Teletransporte. Elección retardada.
- 4. Computación cuántica.** Puertas y circuitos cuánticos. Algoritmos cuánticos: transformada de Fourier cuántica. Algoritmos de búsqueda, algoritmo de Grover. Algoritmos de factorización, algoritmo de Shor.

BIBLIOGRAFÍA

- Bertlmann, R. A. and Zeilinger, A.; *Quantum [Un]speakables. From Bell to Quantum Information.* Springer; 2002. ISBN: 3-540-42756-2.
- Espagnat, B. D'; *Veiled Reality. An analysis of Present-day Quantum Mechanical Concepts.* Addison-Wesley, 1995.
- Fox, M.; *Quantum Optic. An introduction.* Oxford Univ. Press; Oxford, 2004. ISBN: 0-19-856672-7, 978-0-19-856672-4.
- Garrison, J. C. and R. Y. Chiao, *Quantum Optics*, Oxford Univ. Press, Oxford, 2008. ISBN: 978-0-19-850886-1.
- Gerry, C. C. and Knight, P. L., *Introductory Quantum Optics*, Cambridge Univ. Press, Cambridge, 2005. ISBN: 0-521-82035-9.
- Home, D., Kar, G. and Majumdar A. S.; *75 years of quantum entanglement: Foundations and Information Theoretic Applications.* American Institute of Physics; New York, 2011. ISBN: 978-0-7354-0945-3.
- Jaeger, Gregg. *Quantum Information, an overview.* Springer, 2007. ISBN: 0-387-35725-4.
- Nielsen, Michael A. & Chuang, Isaac L.; *Quantum Computation and Quantum Information.* Cambridge University Press; Cambridge, 2010. ISBN: 978-1-107-00217-3.
- Paul, H.; *Introduction to Quantum Optics. From light Quanta to Quantum Teleportation.* Cambridge Univ. Press; Cambridge, 2004. ISBN: 0-521-83563-1.
- Yeung, Raymond W.; *A first course in information theory.* Kluwer Academic / Plenum Publishers; 2002. ISBN: 0-306-46791-7, 978-0-306-46791-2.



ENLACES RECOMENDADOS

- E-prints: <http://arxiv.org/archive/quant-ph>
<http://vcq.quantum.at/publications/all-publications.html>
- Quantum Computing in *Nature*:
<http://www.nature.com/nature/journal/v463/n7280/full/463441a.html>
- Noticias: <http://faeuat0.us.es/Qubit/>
- Grupos de investigación:
<http://faeuat0.us.es/QIGUS/links.htm> , www.quantumoptics.net y <http://oxfordquantum.org/>
- Cursos relacionados (con apuntes):
 - <http://wpd.ugr.es/~bosca/InformacionCuantica/>
 - <http://www.fisicacuantica.es>
 - [Ph219/CS219 Quantum Computation](http://www.cse.iitd.ernet.in/~suban/quantum/)
 - <http://www.cse.iitd.ernet.in/~suban/quantum/>
 - <https://people.eecs.berkeley.edu/~vazirani/>
 - <http://www.theory.caltech.edu/people/preskill/ph229/>

METODOLOGÍA DOCENTE

- Lección magistral (clases teóricas-expositivas). Para transmitir los contenidos de las materias del módulo motivando al alumnado a la reflexión, facilitándole el descubrimiento de las relaciones entre diversos conceptos y formándole una mentalidad crítica.
- Actividades prácticas (clases prácticas). Para desarrollar en el alumnado las habilidades instrumentales de la materia.
- Seminarios. Para desarrollar en el alumnado las competencias cognitivas y procedimentales de la materia.
- Tutorías académicas. Para orientar al alumnado, profundizar en distintos aspectos de la materia y orientar la formación académica integral del estudiante.
- Estudio y trabajo autónomo del alumnado. Para favorecer en el estudiante la capacidad de autorregular su aprendizaje, planificándolo, diseñándolo, evaluándolo y adecuándolo a sus especiales condiciones e intereses.
- Estudio y trabajo en grupo. Para favorecer en los estudiantes la generación e intercambio de ideas, la identificación y análisis de diferentes puntos de vista sobre una temática, la generalización o transferencia de conocimiento y la valoración crítica del mismo.

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

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

-La evaluación continua se realizará mediante:

- El seguimiento del trabajo de los alumnos, la resolución de problemas y el desarrollo de proyectos individuales o en grupo.
- La evaluación de las entregas de los informes o memorias realizadas por los alumnos.
- La evaluación de la realización, exposición y defensa de los trabajos realizados por el alumnado durante el curso, incluyendo en su caso un trabajo final de la materia, realizado individualmente por cada alumno, sobre un tema relacionado con la asignatura y aceptado de forma previa por uno de sus profesores.

-La evaluación continua culminará en una calificación final que, en la convocatoria ordinaria, se obtendrá según un baremo en el que se integrarán a partes iguales al menos dos de los anteriores ítems.

-La evaluación en la convocatoria extraordinaria culminará en una calificación final que se obtendrá según un baremo en el



que contribuirán a partes iguales: a) La nota obtenida en un examen, oral o escrito, sobre los contenidos del programa completo de la asignatura; y b) La evaluación de la memoria de un trabajo realizado individualmente por el alumno, sobre un tema relacionado con la asignatura y aceptado de forma previa por uno de sus profesores.

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”

- **EVALUACIONES ÚNICA Y ESPECIAL:** De acuerdo con la “Normativa de evaluación y calificación” de la Universidad de Granada, para acogerse a la evaluación única final el estudiante lo solicitará, en el plazo establecido en la normativa y a través del procedimiento electrónico, al Coordinador del Máster, alegando y acreditando las razones que le asisten para no poder seguir el sistema de evaluación continua.
- La evaluación única final se realizará en un solo acto académico y consistirá, de acuerdo con la normativa vigente de la Universidad de Granada, en un examen, que podrá ser oral o escrito, en el que se tendrá que: a) responder correctamente a una serie de cuestiones de teoría, y b) resolver algunos problemas de aplicación, referentes en todo caso al programa oficial de la asignatura. Dicho examen aportará el 100% de la calificación final.
- De acuerdo con lo dispuesto en el artículo 21 de la antes citada normativa, los estudiantes que recurran a ella realizarán un examen, que podrá ser oral o escrito, en el que tendrán que: a) responder correctamente a una serie de cuestiones de teoría, y b) resolver algunos problemas de aplicación, referentes en todo caso al programa oficial de la asignatura. Dicho examen aportará el 100% de la calificación final.

-Siguiendo las recomendaciones de la CRUE y del Secretariado de Inclusión y Diversidad de la UGR, los sistemas de adquisición y de evaluación de competencias recogidos en esta guía docente se aplicarán procurando adecuarse, en la medida de lo posible, a la diversidad funcional del alumnado, facilitando el aprendizaje y la demostración de conocimientos de acuerdo con sus necesidades.

INFORMACIÓN ADICIONAL

-Enlaces útiles a otros cursos de Física Cuántica y aplicaciones en computación cuántica:

- Video-lecciones de la Universidad de Stanford: [Quantum Entanglement course](#) de Leonard Susskind. (cada vídeo-lección dura alrededor de dos horas; muy buenas, merecen la pena).
- *Lectures Notes on Physics:* [Notes of Quantum Entanglement course](#), apuntes de Leonard Susskind. (las anteriores vídeo-lecciones de youtube se complementan con estos apuntes).
- De la Stanford University (Stanford Encyclopedia of Philosophy): [Quantum Computing](#). Bell's Theorem | Church-Turing Thesis | computability and complexity | quantum mechanics | quantum mechanics: collapse theories | quantum mechanics: the role of decoherence in | quantum theory: measurement in | quantum theory: quantum entanglement and information | quantum theory: the Einstein-Podolsky-Rosen argument in | Turing, Alan | Turing machines.
- Curso de computación cuántica del Department of Computer Science & Engineering, University of Washington: CSE-599d [Quantum Computing course](#), por Dave Bacon.
- Del MIT: colección de [video-lectures](#) por el famoso profesor de Física Prof. Walter Lewin.
- De “Tout est Quantique”: '[Quantum made easy](#)', con vídeos y animaciones

