

Guía docente de la asignatura

Fecha de aprobación por la Comisión Académica: 16/07/2022

## Información, Computación y Tecnologías Cuánticas (M53/56/4/24)

**Máster**

Máster Universitario en Física y Matemáticas - Fisymat

**MÓDULO**

Módulo IV : Física Teórica y Matemática

**RAMA**

Ciencias

**CENTRO RESPONSABLE DEL TÍTULO**

Escuela Internacional de Posgrado

<b>Semestre</b>	Primero	<b>Créditos</b>	6	<b>Tipo</b>	Optativa	<b>Tipo de enseñanza</b>	Presencial
-----------------	---------	-----------------	---	-------------	----------	--------------------------	------------

### PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES

Conocimientos de Mecánica Cuántica.

### BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (Según memoria de verificación del Máster)

- Entrelazamiento cuántico y correlaciones cuánticas en sistemas compuestos.
- Medidas de entrelazamiento en sistemas de partículas idénticas. Aplicación a sistemas, procesos y fenómenos atómicos y moleculares.
- Dinámica cuántica de sistemas abiertos. Ecuación de Lindblad. Markovianidad cuántica.
- Distribución de claves cuánticas (QKD).
- Computación cuántica y procesos de decoherencia y corrección de errores.
- Condensados de Bose-Einstein: ecuación de Gross-Pitaevskii.
- Gases cuánticos: aproximaciones teóricas
- Aplicaciones en metrología cuántica, óptica cuántica y simulación cuánticas

### COMPETENCIAS

#### COMPETENCIAS BÁSICAS



- CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en 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.

### COMPETENCIAS GENERALES

- CG02 - Capacidad de generar y desarrollar de forma independiente propuestas innovadoras y competitivas en la investigación y en la actividad profesional en el ámbito científico de la Física y Matemáticas
- CG03 - Presentar públicamente los resultados de una investigación o un informe técnico, comunicar las conclusiones a un tribunal especializado, personas u organizaciones interesadas, y debatir con sus miembros cualquier aspecto relativo a los mismos
- CG04 - Saber comunicarse con la comunidad académica y científica en su conjunto, con la empresa y con la sociedad en general acerca de la Física y/o Matemáticas y sus implicaciones académicas, productivas o sociales
- CG05 - Adquirir la capacidad de desarrollar un trabajo de investigación científica de forma independiente y en toda su extensión. Ser capaz de buscar y asimilar bibliografía científica, formular las hipótesis, plantear y desarrollar problemas y elaborar de conclusiones de los resultados obtenidos

### COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE01 - Resolver problemas físicos y matemáticos, planificando su resolución en función de las herramientas disponibles y de las restricciones de tiempo y recursos
- CE02 - Desarrollar la capacidad de decidir las técnicas adecuadas para resolver un problema concreto con especial énfasis en aquellos problemas asociados a la Modelización en Ciencias e Ingeniería, Astrofísica, Física, y Matemáticas
- CE04 - Tener capacidad para elaborar y desarrollar razonamientos físicos avanzados, y profundizar en los distintos campos de la física y astrofísica
- CE05 - Saber obtener e interpretar datos de carácter físico y/o matemático que puedan ser aplicados en otras ramas del conocimiento
- CE06 - Demostrar la capacidad necesaria para realizar un análisis crítico, evaluación y síntesis de resultados e ideas nuevas y complejas en el campo de la astrofísica, física, matemáticas y biomatemáticas
- CE08 - Capacidad de modelar, interpretar y predecir a partir de observaciones experimentales y datos numéricos

### COMPETENCIAS TRANSVERSALES



- CT01 - Fomentar el espíritu innovador, creativo y emprendedor
- CT03 - Desarrollar el razonamiento crítico y la capacidad de crítica y autocrítica
- CT04 - Comprender y reforzar la responsabilidad y el compromiso éticos y deontológicos en el desempeño de la actividad profesional e investigadora y como ciudadano
- CT05 - Capacidad de aprendizaje autónomo y responsabilidad (análisis, síntesis, iniciativa y trabajo en equipo)

## RESULTADOS DE APRENDIZAJE (Objetivos)

- Los principios teóricos y la significación física del formalismo de la matriz densidad, enfatizando los aspectos teórico-informacionales y sus aplicaciones en información, computación y tecnologías cuánticas
- El concepto cuantitativo de información, con las correspondientes medidas entrópico-informacionales, y con su significado y aplicaciones físicas.
- las medidas entrópicas clásicas y cuánticas, así como las medidas de complejidad asociadas
- los conceptos y técnicas de la Física de Condensados, particularmente los condensados de Bose-Einstein, y de gases cuánticos. Estos elementos son el fundamento de muchos de los desarrollos actuales en óptica cuántica y en diversas tecnologías cuánticas.
- el fenómeno del entrelazamiento (entanglement) cuántico, sus propiedades, y sus aplicaciones en contextos científicos (p.ej., desorden interno en sistemas atómicos y moleculares) y tecnológicos (por ej., metrología, óptica y simulación cuánticas, y teleportación, criptografía y distribución de claves cuánticas).
- Las propiedades y características más importantes de los gases cuánticos fermiónicos y bosónicos.

El alumno será capaz de:

- Analizar el desorden interno de los sistemas cuánticos finitos por medio de entropías y medidas de complejidad clásicas y cuánticas, con énfasis en las medidas de entrelazamiento de tipo von Neumann y generalizaciones.
- Estudiar las correlaciones de los sistemas compuestos por medio del entrelazamiento cuántico entre sus partículas constituyentes.
- Aplicar las medidas de entrelazamiento cuántico a problemas científico-tecnológicos diversos relativos, tales como a la distribución segura de claves secretas a grandes distancias, los dispositivos de comunicación y computación cuánticas.

## PROGRAMA DE CONTENIDOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS

### TEÓRICO

- Tema 1: Información clásica e información cuántica.
- Tema 2: Entrelazamiento y correlaciones cuánticas.
- Tema 3: Computación Cuántica
- Tema 4: Gases cuánticos: Descripción teórica y técnicas experimentales.
- Tema 5: Tecnologías cuánticas y aplicaciones.

### PRÁCTICO



## BIBLIOGRAFÍA

### BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL

- A. Bergou y M. Hillery, Introduction to the Quantum Information Processing (Springer, 2013)
- J.A. Jones y D. Jaksch, Quantum Information, Computation and Communication (Cambridge U. Press, 2012)
- E.G. Riffel, Quantum Computing: A Gentle Introduction (M.I.T.Press, 2011)
- V. Vedral, Introduction to Quantum Information Science. (Oxford U.P., Oxford, 2006)
- H.T. Williams, Discrete Quantum Mechanics (Morgan and Claypool Publishers, 2015)
- N. Nielsen and I.L. Chuang, Quantum Computation and Quantum Information (Cambridge U. P., 2010).
- John Preskill, Lecture notes on Quantum Computation; available online at <http://www.theory.caltech.edu/people/preskill/ph229/>.
- Quantum Optics: An Introduction, Marlan O. Scully and M. Suhail Zubairy, (Cambridge University Press 1997)
- Quantum Gas Experiments: Exploring Many-Body States, Päivi Törmä and Klaus Sengstock, World Scientific Publishing
- Bose-Einstein Condensation in Dilute Gases, C. J. Pethick and H. Smith (Cambridge University Press 2008)
- Bose-Einstein Condensation, L. Pitaevskii and S. Stringari, (Oxford University Press)

### BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

## ENLACES RECOMENDADOS

- A. Galindo, “Del bit al qubit”: <http://teorica.fis.ucm.es/~agt/conferencias/leccionweb.pdf>
- Quantum Computing in Nature: <http://www.nature.com/nature/journal/v463/n7280/full/463441a.html>
- Grupos de investigación: [www.qubit.org](http://www.qubit.org) ; [www.quantumoptics.net](http://www.quantumoptics.net) ; <http://faeuato.us.es/QIGUS/links.htm>; <http://www.pcqc.fr/>; <http://oxfordquantum.org>
- [www.quantiki.org](http://www.quantiki.org) ; una wiki-cuántica
- Quantum manifesto of the European Union. A New Era of Technology (Marzo 2016).

## METODOLOGÍA DOCENTE



- MD01 Lección magistral
- MD02 Resolución de problemas y estudio de casos prácticos
- MD04 Seminarios
- MD05 Tutorías académicas
- MD06 Realización de trabajos individuales o en grupos
- MD07 Análisis de fuentes y documentos
- MD08 Sesiones de discusión y debate
- MD09 Seguimiento del TFM

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

### EVALUACIÓN ORDINARIA

El artículo 17 de la Normativa de Evaluación y Calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada establece que la convocatoria ordinaria estará basada preferentemente en la evaluación continua del estudiante, excepto para quienes se les haya reconocido el derecho a la evaluación única final.

- Valoración de las pruebas, exámenes, ejercicios, prácticas y/o problemas realizados individualmente o en grupo a lo largo del curso: entre 10% y 20.0%.
- Realización, exposición y defensa final de informes, trabajos, proyectos y/o memorias realizadas de forma individual o en grupo: 50 %.
- Realización de exámenes parciales o finales escritos: entre 0% y 20%.
- Valoración de la asistencia y participación del alumno en clase y en los seminarios, y sus aportaciones en las actividades desarrolladas: entre 10% y 20%.

### EVALUACIÓN EXTRAORDINARIA

El artículo 19 de la Normativa de Evaluación y Calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada establece que los estudiantes que no hayan superado la asignatura en la convocatoria ordinaria dispondrán de una convocatoria extraordinaria. A ella podrán concurrir todos los estudiantes, con independencia de haber seguido o no un proceso de evaluación continua. De esta forma, el estudiante que no haya realizado la evaluación continua tendrá la posibilidad de obtener el 100% de la calificación mediante la realización de una prueba y/o trabajo.

La evaluación en tal caso consistirá en un examen final de toda la asignatura: 100%.

### EVALUACIÓN ÚNICA FINAL

El artículo 8 de la Normativa de Evaluación y Calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada establece que podrán acogerse a la evaluación única final, el estudiante que no pueda cumplir con el método de evaluación continua por causas justificadas.

Para acogerse a la evaluación única final, el estudiante, en las dos primeras semanas de impartición de la asignatura o en las dos semanas siguientes a su matriculación si ésta se ha producido con posterioridad al inicio de las clases o por causa sobrevenidas. Lo solicitará, a través del procedimiento electrónico, a la Coordinación del Máster, quien dará traslado al profesorado correspondiente, alegando y acreditando las razones que le asisten para no poder seguir el sistema de evaluación continua.





La evaluación en tal caso consistirá en un examen final de toda la asignatura: 100%.

