

23-24

# GUÍA DE ESTUDIO PÚBLICA



## INFORMACIÓN CUÁNTICA

CÓDIGO 21520057

UNED

23-24

INFORMACIÓN CUÁNTICA

CÓDIGO 21520057

# ÍNDICE

PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN  
REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR ESTA ASIGNATURA  
EQUIPO DOCENTE  
HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE  
COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE  
RESULTADOS DE APRENDIZAJE  
CONTENIDOS  
METODOLOGÍA  
SISTEMA DE EVALUACIÓN  
BIBLIOGRAFÍA BÁSICA  
BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA  
RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA  
IGUALDAD DE GÉNERO

Nombre de la asignatura	INFORMACIÓN CUÁNTICA
Código	21520057
Curso académico	2023/2024
Título en que se imparte	MÁSTER UNIVERSITARIO EN MATEMÁTICAS AVANZADAS
Tipo	CONTENIDOS
Nº ETCS	7.5
Horas	187.5
Periodo	SEMESTRE 1
Idiomas en que se imparte	CASTELLANO

## PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN

La Teoría Cuántica de la Información es un área de investigación en la que confluyen diversas ramas como Matemáticas, Física y Ciencias de la Computación. Se enfoca en el estudio formal de los procesos que permiten extraer, almacenar y manipular la información codificada en un sistema físico gobernado por las leyes de la mecánica cuántica. Las propiedades particulares y exóticas de los sistemas cuánticos proporcionan un paradigma muy diferente al mundo clásico con potenciales aplicaciones a diversos ámbitos tales como comunicación, criptografía o computación cuánticas, permitiendo desarrollar tareas o protocolos completamente nuevos para el tratamiento de información, y resolver ciertos problemas como tareas búsqueda o factorización entera de manera más eficiente que en ordenadores clásicos.

En esta asignatura nos proponemos estudiar los fundamentos matemáticos que modelan las propiedades de los sistemas cuánticos, tales como el entrelazamiento cuántico, y conocer algunas de las aplicaciones y protocolos más relevantes que explotan los recursos cuánticos de este tipo de sistemas desde el punto de vista de la teoría de la información, con especial énfasis en computación cuántica y algunos de los algoritmos cuánticos más conocidos. De este modo, se pretende que los estudiantes adquieran una base sólida que les permita posteriormente ampliar su conocimiento de manera autónoma a través de libros y artículos de investigación si lo desean.

## REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR ESTA ASIGNATURA

Los prerrequisitos para cursar esta asignatura son modestos. Se recomienda dominar contenidos básicos de álgebra lineal, teoría de la probabilidad y análisis. Algunos conceptos y resultados se revisarán adaptados a la notación típica en el contexto de la mecánica cuántica. También se recomienda cierto dominio del inglés, ya que es el idioma de los recursos bibliográficos que se manejarán.

## EQUIPO DOCENTE

Nombre y Apellidos	ANTONIO PEREZ HERNANDEZ (Coordinador de asignatura)
Correo Electrónico	antperez@ind.uned.es
Teléfono	91398-6686
Facultad	ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES
Departamento	MATEMÁTICA APLICADA I

Nombre y Apellidos	ESTIBALITZ DURAND CARTAGENA
Correo Electrónico	edurand@ind.uned.es
Teléfono	91398-6439
Facultad	ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES
Departamento	MATEMÁTICA APLICADA I

## HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE

Los alumnos podrán ponerse en contacto con el equipo docente por medio del correo electrónico, el curso virtual, el teléfono o la entrevista personal. Los foros del curso virtual son la herramienta destinada a formular consultas sobre contenidos o funcionamiento de la asignatura, mientras que el correo electrónico es la vía indicada para tratar asuntos particulares

### Antonio Pérez Hernández

*Horario:* martes de 10:00 a 14:00

*Teléfono:* 91 398 66 86

*Correo electrónico:* antperez@ind.uned.es

*Despacho* 2.37 ETSI Industriales

## COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE

### COMPETENCIAS BÁSICAS

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.

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

CG1 - Adquirir conocimientos generales avanzados en tres de las principales áreas de las matemáticas.

CG2 - Conocer algunas de las líneas de investigación dentro de las áreas cubiertas por el

Máster.

CG4 - Aprender a redactar resultados matemáticos.

### **COMPETENCIAS TRANSVERSALES**

CE1 - Saber abstraer las propiedades estructurales de los objetos matemáticos, distinguiéndolas de aquellas puramente ocasionales.

Ser capaz de utilizar un objeto matemático en diferentes contextos.

CE2 - Conocer los problemas centrales, la relación entre ellos, las técnicas más adecuadas en los distintos campos de estudio, y las demostraciones rigurosas de los resultados relevantes.

CE3 - Adquirir la capacidad de enfrentarse con la literatura científica a distintos niveles, desde libros de texto con contenidos avanzados hasta artículos de investigación matemática publicados en revistas especializadas.

CE4 - Saber analizar y construir demostraciones matemáticas, así como transmitir conocimientos matemáticos avanzados en entornos especializados.

## **RESULTADOS DE APRENDIZAJE**

### **Conocimientos:**

- Conocer los postulados y conceptos básicos de la mecánica cuántica y su formalización matemática en el ámbito de espacios de Hilbert finito-dimensionales: estados puros y mixtos, observables, medidas, etc.
- Conocer y entender el concepto de entrelazamiento cuántico en sistemas compuestos, y su aplicación en diversos ámbitos de teoría de información, comunicación y criptografía.
- Conocer y manejar la entropía de von Neumann como generalización del caso clásico de entropía y su aplicación como medida de entrelazamiento.
- Conocer las nociones básicas de computación cuántica (circuitos y puertas), herramientas como la transformada cuántica de Fourier, y algoritmos destacados como los de Grover y Shor.
- Conocer conceptos y aspectos básicos de las teorías clásica y cuántica de la información como canales, ruido, capacidad, códigos correctores, etc.
- Conocer y manejar la entropía relativa como medida para distinguir estados y sus propiedades más relevantes.
- Conocer aplicaciones de teoría de la información cuántica al estudio de sistemas cuánticos de muchos cuerpos.

### **Destrezas y habilidades:**

- Reinterpretar y manejar con soltura herramientas de álgebra lineal y análisis matricial en el contexto del formalismo matemático de la mecánica cuántica.
- Comprender y describir similitudes y diferencias entre las teorías clásicas y cuánticas de información y computación, reconociendo la superioridad de la computación cuántica sobre la clásica.

- Asimilar el lenguaje y resultados básicos que permitan abordar y comprender publicaciones especializadas recientes en temas de información y computación cuánticas.

**Contenidos:**

Los que se describen en el apartado *Contenidos* de esta guía.

## CONTENIDOS

### Bloque I: Fundamentos Matemáticos de la Mecánica Cuántica

Introducción y notación básica. Postulados de la mecánica cuántica: estados, medidas, observables y evolución temporal. Sistemas compuestos. Matrices de densidad. Entrelazamiento cuántico y desigualdades de Bell.

### Bloque II: Computación cuántica

Computación clásica. Puertas y circuitos cuánticos. Transformada cuántica de Fourier. Ejemplos de algoritmos cuánticos: Grover, Shor.

### Bloque III: Elementos de Información Cuántica

Información cuántica, entropía y canales cuánticos. Corrección cuántica de errores. Criptografía. Aplicaciones en sistemas cuánticos de muchos cuerpos.

## METODOLOGÍA

La metodología que se utiliza en esta asignatura es la propia de la UNED, basada en la educación a distancia y apoyada por el uso de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación.

Los estudiantes contarán con diferentes medios de apoyo, entre los que será fundamental el Curso Virtual en la plataforma aLF. A través de este medio, el Equipo Docente proporcionará el material didáctico y la orientación para el estudio de los contenidos de la asignatura apoyándose en los elementos de la bibliografía. Será además la vía principal de interacción con el Equipo Docente, que resolverá las dudas y cuestiones que sean planteadas en los foros. Las fechas de entrega y otros aspectos concretos de las actividades de evaluación serán detalladas también en el Curso Virtual.

Las actividades que conforman el trabajo individual de los alumnos se pueden agrupar en tres componentes: trabajo autónomo, trabajo con equipo docente y realización de actividades de evaluación. A continuación se describe a grandes rasgos dichas actividades junto con la distribución orientativa del tiempo:

**Trabajo autónomo** (estudio de contenidos teóricos, resolución de ejercicios y problemas): 65%.

**Trabajo con Equipo Docente** (consultas al equipo docente, participación en el foro de estudiantes): 20%.

**Realización de actividades de evaluación** (entrega de trabajos): 15%

## SISTEMA DE EVALUACIÓN

### TIPO DE PRUEBA PRESENCIAL

Tipo de examen No hay prueba presencial

### CARACTERÍSTICAS DE LA PRUEBA PRESENCIAL Y/O LOS TRABAJOS

Requiere Presencialidad No

#### Descripción

A lo largo del curso se propondrán **dos trabajos** que podrán consistir en la resolución de hojas de problemas, un resumen o el desarrollo de algún tópico concreto relacionado con los contenidos del curso.

**La primera tarea se entregará en diciembre, y se basará en los contenidos del Módulo 1 y parte del Módulo 2.**

**La segunda tarea se entregará en enero/febrero y se basará en los contenidos de parte del Módulo 2 y el Módulo 3.**

**Los detalles y las fechas de entrega se detallarán con la suficiente antelación en el campus virtual.**

#### Criterios de evaluación

Se valorará el rigor, la claridad y la consistencia.

**Cada trabajo se calificará con una nota comprendida entre 0 y 10, y su valor en la nota final será del 45%.**

Ponderación de la prueba presencial y/o los trabajos en la nota final 90%

Fecha aproximada de entrega 1) Diciembre, 2) Enero/Febrero

Comentarios y observaciones

### PRUEBAS DE EVALUACIÓN CONTINUA (PEC)

¿Hay PEC? No

#### Descripción

#### Criterios de evaluación

Ponderación de la PEC en la nota final

Fecha aproximada de entrega

Comentarios y observaciones

**OTRAS ACTIVIDADES EVALUABLES**

¿Hay otra/s actividad/es evaluable/s? Si, no presencial

Descripción

Participación en los Foros.

Criterios de evaluación

Se valorará la que los estudiantes planteen sus cuestiones y dudas en los foros, que expongan sus soluciones a ejercicios y problemas que encontrarán en los contenidos del curso, que se involucren en las discusiones y respondan a las cuestiones que allí puedan ser planteadas por parte de otros estudiantes o del propio Equipo Docente.

**Se calificará con una nota comprendida entre 0 y 10.**

Ponderación en la nota final 10%

Fecha aproximada de entrega

Comentarios y observaciones

**¿CÓMO SE OBTIENE LA NOTA FINAL?**

Se pondera un 10% la participación en el foro del aula virtual, un 45% el primer trabajo, y otro 45% el segundo trabajo.

**Nota final= 45% TRABAJO\_1 + 45% TRABAJO\_2 + 10% PART. FOROS**

**BIBLIOGRAFÍA BÁSICA**

ISBN(13): 9781107002173

Título: QUANTUM COMPUTATION AND QUANTUM INFORMATION

Autor/es: Isaac L. Chuang; Michael A. Nielsen

Editorial: Cambridge: Cambridge University Press

En Curso Virtual se pondrá a disposición de los estudiantes un Documento-Guía elaborado por el Equipo Docente con los principales conceptos y resultados a estudiar, así como ejercicios y problemas.

No es imprescindible disponer del libro de Nielsen y Chuang para estudiar los contenidos de la asignatura. Será posible también completar el Documento-Guía a partir de los materiales que aparecen en la Bibliografía Complementaria (muchos de los cuales están disponibles de manera gratuita) y otros que proporcionará el Equipo Docente en el curso virtual.

**BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA**

ISBN(13): 9780821832295

Título: CLASSICAL AND QUANTUM COMPUTATION

Autor/es: A. Yu. Kitaev; M. N. Vyalyi; A. H. Shen

Editorial: AMERICAN MATHEMATICAL SOCIETY



Para complementar los materiales didácticos proporcionados por el Equipo Docente y la bibliografía básica, se podrá recurrir también a otros materiales disponibles de manera gratuita, como:

John Preskill, *Lecture Notes* <https://theory.caltech.edu/~preskill/ph219/index.html#lecture>

John Watrous, *The Theory of Quantum Information*

<https://cs.uwaterloo.ca/~watrous/TQI/TQI.pdf>

## RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA

El Curso Virtual será una herramienta fundamental para el contacto del alumno con el Equipo Docente. Allí se proporcionará material docente, orientaciones para el estudio de los contenidos, enlaces a otros recursos web que puedan resultar útiles y, si es necesario, se realizarán sesiones de videoconferencias.

## IGUALDAD DE GÉNERO

En coherencia con el valor asumido de la igualdad de género, todas las denominaciones que en esta Guía hacen referencia a órganos de gobierno unipersonales, de representación, o miembros de la comunidad universitaria y se efectúan en género masculino, cuando no se hayan sustituido por términos genéricos, se entenderán hechas indistintamente en género femenino o masculino, según el sexo del titular que los desempeñe.