23-24

MÁSTER UNIVERSITARIO EN FÍSICA AVANZADA

GUÍA DE ESTUDIO PÚBLICA

INTRODUCCIÓN A LA INFORMACIÓN Y COMPUTACIÓN CUÁNTICAS

CÓDIGO 21580088

UNED

23-24

INTRODUCCIÓN A LA INFORMACIÓN Y COMPUTACIÓN CUÁNTICAS

CÓDIGO 21580088

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	INTRODUCCIÓN A LA INFORMACIÓN Y COMPUTACIÓN CUÁNTICAS
Código	21580088
Curso académico	2023/2024
Título en que se imparte	MÁSTER UNIVERSITARIO EN FÍSICA AVANZADA
Tipo	CONTENIDOS
Nº ETCS	6
Horas	150.0
Periodo	SEMESTRE 2
Idiomas en que se imparte	CASTELLANO

PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN

La asignatura **Introducción a la información y computación cuánticas** es una optativa del Máster en Física Avanzada que se imparte en el segundo cuatrimestre con una carga lectiva de 6 ECTS.

Estamos asistiendo a una etapa de enorme desarrollo en el área de las **tecnologías cuánticas**. La mecánica cuántica lleva más de un siglo aportando el empuje teórico para realizar avances que ya son de uso cotidiano, desde el láser hasta la superconductividad o el diseño de medicamentos. Sin embargo, esta nueva etapa está caracterizada por los avances teóricos y experimentales en el manejo de sistemas cuánticos fuertemente entrelazados.

El **entrelazamiento** es posiblemente la propiedad más sorprendente del mundo cuántico y presenta un interés enorme, tanto fundamental como aplicado. En el ámbito fundamental está siendo empleado en la física de altas energías y en gravitación como elemento esencial de los nuevos desarrollos, como por ejemplo la holografía. Desde el punto de vista aplicado, es el concepto fundamental que permite el desarrollo de la computación cuántica, la criptografía cuántica, la metrología cuántica o los simuladores cuánticos.

Este curso proporciona las herramientas conceptuales y matemáticas necesarias para comprender ambos tipos de avances en paralelo, permitiendo que el/la estudiante pueda comenzar a trabajar inmediatamente en este área de investigación a nivel de doctorado. Como complemento práctico, los/as estudiantes interesados/as podrán programar un computador cuántico real operado a distancia.

REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR ESTA ASIGNATURA

Para cursar esta asignatura conviene tener una base sólida de Física Cuántica y manejar con soltura el Álgebra Lineal y el Cálculo. También es conveniente tener cierta base de programación, en la línea de los estudios habituales de física y otras enseñanzas científico-técnicas.

Es recomendable haber cursado en el primer cuatrimestre la asignatura *Teoría de información clásica del Máster*, aunque no es imprescindible.

Por último, los textos que usaremos en la asignatura serán en inglés, por lo que es necesario un buen nivel de lectura en este idioma para poder seguir el curso.

EQUIPO DOCENTE

Nombre y Apellidos	JAVIER RODRIGUEZ LAGUNA (Coordinador de asignatura)
Correo Electrónico	jrlaguna@fisfun.uned.es
Teléfono	91398-7602
Facultad	FACULTAD DE CIENCIAS
Departamento	FÍSICA FUNDAMENTAL

COLABORADORES DOCENTES EXTERNOS

Nombre y Apellidos	SILVIA SANTALLA ARRIBAS
Correo Electrónico	ssantalla@invi.uned.es

HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE

Javier Rodríguez Laguna, e-mail: jrlaguna@fisfun.uned.es. Horario: Miércoles de 16:00 a 20:00.
Silvia Noemí Santalla Arribas, e-mail: silvia.santalla@uc3m.es. Horario: Miércoles de 16:00 a 20:00.

COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE

COMPETENCIAS
COMPETENCIAS BÁSICAS
CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornosnuevos 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 - Comprender conceptos avanzados de Física y demostrar, en un contexto de investigación científica altamente especializada, una relación detallada y fundamentada entre los aspectos teóricos y prácticos y la metodología empleada en este campo.
CG4 - Utilizar bibliografía y fuentes de información especializada, propias del ámbito de conocimiento de la física, manejando las principales bases de datos de recursos científicos.
CG5 - Poseer la capacidad para el desarrollo de una aptitud crítica ante el aprendizaje que le lleve a plantearse nuevos problemas desde perspectivas no convencionales.
CG6 - Saber trabajar en equipo y comunicarse con la comunidad académica en su conjunto y con la sociedad en general acerca de la Física Avanzada, tanto en sus implicaciones

académicas, productivas o sociales.
CG7 - Adquirir los conocimientos necesarios en Física Avanzada para incorporarse a un grupo de investigación o a empresas.

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

CE1 - Conocer y comprender los elementos más relevantes de la física teórica, computacional y de fluidos actual. Profundizar en la comprensión de las teorías que se encuentran en la frontera de estos temas, incluyendo su estructura matemática, su confrontación con resultados experimentales, y la descripción de los fenómenos físicos que dichas teorías explican.
CE2 - Adquirir la capacidad para abordar y resolver un problema avanzado en la física teórica, computacional o de fluidos, mediante la elección adecuada del contexto teórico, la identificación de los conceptos relevantes y el uso de las técnicas matemáticas que constituyen la mejor aproximación para así llegar a la solución.
CE5 - Analizar una situación compleja extrayendo cuales son las cantidades físicas relevantes y ser capaz de reducirla a un modelo parametrizado.
CE8 - Modelar y simular fenómenos físicos complejos por ordenador.
CE11 - Analizar problemas nuevos en sistemas poco conocidos y determinar similitudes y diferencias con modelos de referencia.
CE12 - Analizar críticamente resultados experimentales, analíticos y numéricos en el campo de la física avanzada.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

- Conocer y manejar las herramientas básicas de la teoría de la información y computación cuánticas: medidas de entrelazamiento, puertas lógicas, canales cuánticos, etc.
- Conocer los resultados y aplicaciones fundamentales de la teoría de la información y computación cuánticas: transformada cuántica de Fourier, criptografía cuántica, teleportación, etc.
- Introducir las relaciones de la teoría de la información y la computación cuántica con la teoría de sistemas de muchas partículas.

CONTENIDOS

Tema 1. Repaso de conceptos básicos.

Antes de comenzar con el material propio del curso es preciso repasar los conceptos básicos de teoría de la computación (máquina de Turing, complejidad computacional, etc.) y de mecánica cuántica (teoría básica, formalismo de la matriz densidad, etc.).

Tema 2. Elementos del procesado cuántico de la información.

Discutiremos los conceptos de qubit, puerta lógica cuántica y circuito cuántico, así como la noción de computación cuántica adiabática.

Tema 3. Algoritmos cuánticos.

Describiremos los algoritmos cuánticos básicos, con especial énfasis en los algoritmos de búsqueda y de factorización, así como en la determinación de los autovalores de un operador.

Tema 4. Comunicación cuántica.

Proporcionaremos una introducción a la criptografía cuántica y a los protocolos de información segura.

Tema 5. Entrelazamiento.

En este tema consideraremos el elemento crucial para las modernas tecnologías cuánticas, así como una de las propiedades más intrigantes del mundo cuántico: el entrelazamiento. Pondremos gran énfasis en su medición, en especial empleando la entropía de entrelazamiento.

Tema 6. Decoherencia.

La ventaja cuántica en el procesado de información depende del mantenimiento de la coherencia. Los efectos térmicos y el ruido tienden a destruir dicha coherencia, y convertir un sistema cuántico en un sistema "esencialmente clásico". En esta sección discutiremos el formalismo preciso para describir los sistemas cuánticos con pérdida parcial de coherencia.

Tema 7. Teoría cuántica de la información.

Discutiremos en detalle los conceptos de canal de comunicación cuántico y de transmisión cuántica de información.

Tema 8. Corrección de errores cuántica.

El procesado cuántico de la información realista requiere de mecanismos de detección y corrección de errores, al igual que su equivalente clásico. Sin embargo, los errores en sistemas cuánticos presentan una complejidad mayor, lo cual ha dado lugar a una teoría matemática de corrección de errores más sofisticada.

Tema 9. Implementaciones físicas de la teoría.

En este tema discutiremos los marcos más empleados para la implementación física de los protocolos cuánticos discutidos.

Tema 10. Información cuántica y sistemas de muchos cuerpos.

Los conceptos de la teoría de la información cuántica son esenciales en física teórica y de la materia condensada. En esta sección describiremos cómo se aplican a la descripción de las fases cuánticas de la materia, con especial énfasis en la llamada ley del área del entrelazamiento.

METODOLOGÍA

La metodología de la asignatura es la de la enseñanza a distancia propia de la UNED
El Equipo Docente ofrecerá una completa tutorización de la asignatura a través de su **Curso Virtual** en la plataforma virtual de la UNED (denominada **Agora**). El objetivo de este curso virtual es crear un aula virtual que permitirá al Equipo Docente realizar el seguimiento del aprendizaje de los estudiantes y su evaluación continua. Además, a través del mismo se informará de los cambios, novedades, así como de cualquier otro aspecto relacionado con la asignatura que el Equipo Docente estime oportuno. Por otro lado, en este espacio virtual el estudiante tendrá acceso al material didáctico, a bibliotecas virtuales y foros, enviará los trabajos y se comunicará con los profesores. La modalidad virtual de aprendizaje es una forma de aprendizaje flexible que se adapta a la disponibilidad de cada estudiante, permitiendo compaginar estudios con trabajo o cualquier otra actividad.
Por tanto, el curso virtual de la asignatura será la principal plataforma didáctica y de comunicación entre el Equipo Docente y el estudiante. Es **imprescindible** que todos los alumnos matriculados utilicen esta plataforma virtual para el estudio de la asignatura.

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

No hay prueba presencial.

Criterios de evaluación

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

Fecha aproximada de entrega
Comentarios y observaciones

PRUEBAS DE EVALUACIÓN CONTINUA (PEC)

¿Hay PEC? Si,PEC no presencial

Descripción

Los conocimientos adquiridos serán evaluados a distancia, mediante las siguientes herramientas.

Test online, para comprobar que se han adquirido los conocimientos previos, con un peso total de un 10%.

Entrega de trabajos, en dos tandas, con un peso de 20% + 20%, a lo largo de unos días. Esos problemas pueden exigir el uso de cálculo numérico.

Examen online al final del curso, con un peso total de un 50%, en el que el/la estudiante deberá resolver una serie de problemas a lo largo de unos días.

Criterios de evaluación

Se valorará la comprensión de los conceptos teóricos, el razonamiento y la creatividad en la solución, la presentación y la madurez científica. Se entregará una rúbrica detallada a lo largo del curso.

Ponderación de la PEC en la nota final 100% = 10% + 20% + 20% + 50%.

Fecha aproximada de entrega a lo largo del curso

Comentarios y observaciones

OTRAS ACTIVIDADES EVALUABLES

¿Hay otra/s actividad/es evaluable/s? No

Descripción

Criterios de evaluación

Ponderación en la nota final

Fecha aproximada de entrega

Comentarios y observaciones

¿CÓMO SE OBTIENE LA NOTA FINAL?

50% examen a distancia, 20% + 20% entrega de trabajos, 10% test online.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

ISBN(13):9789813279995
Título:PRINCIPLES OF QUANTUM COMPUTATION AND INFORMATION: A COMPREHENSIVE TEXTBOOKSegunda
Autor/es:
Editorial:WORLD SCIENTIFIC PUBLISHING

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

ISBN(13):9780521199568
Título:QUANTUM COMPUTING SINCE DEMOCRITUSPrimera
Autor/es:
Editorial:CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS

ISBN(13):9781107002173
Título:QUANTUM COMPUTATION AND QUANTUM INFORMATIONnull
Autor/es:
Editorial:Cambridge: Cambridge University Press

Además, pueden emplearse las notas de clase de John Preskill en CalTech, libremente disponibles en esta URL.

RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA

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.