Computación cuántica: teoría y aplicaciones prácticas

MÁSTER UNIVERSITARIO EN TECNOLOGÍAS CUÁNTICAS

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL MENÉNDEZ PELAYO

Másteres Universitarios

Este documento puede utilizarse como documentación de referencia de esta asignatura para la solicitud de reconocimiento de créditos en otros estudios. Para su plena validez debe estar sellado por la Secretaría de Estudiantes UIMP.

DATOS GENERALES

Título asignatura

Computación cuántica: teoría y aplicaciones prácticas

Código asignatura

102776

Curso académico

2024-25

Planes donde se imparte

MÁSTER UNIVERSITARIO EN TECNOLOGÍAS CUÁNTICAS

Créditos ECTS

6

Carácter de la asignatura

OPTATIVA

Duración

Cuatrimestral

Idioma

Inglés

CONTENIDOS

Contenidos

Introducción a la computación cuántica desde los fundamentos y algoritmos principales, formas de computación cuántica alternativas al modelo de circuito (paseos cuánticos, measurement-based quantum computation) y desarrollos más recientes para la solución de problemas de optimización. La asignatura pretende dar una visión muy completa que engloba fundamentos teóricos, hasta métodos prácticos que se encuentran ahora mismo en experimentación. La asignatura sería útil al alumnado con un perfil académico, pero también sería una formación útil para incorporarse al sector emergente de startups o empresas en el sector de la computación cuántica.

- Introducción a la computación cuántica
- Conceptos básicos: qubit, puertas cuánticas, universalidad
- Algoritmos fundamentales: Deutsch-Josza, Simon, Grover, QFT, quantum estimation, Shor, quantum counting.
- Introducción a Qiskit y programación de algoritmos
- Ruido y corrección de errores
- Otros modelos de computación cuántica
- Teoría de la complejidad computacional cuántica
- Computación cuántica práctica y aplicaciones de programación

RESULTADOS DE APRENDIZAJE Y DE FORMACIÓN

Generales

RFA a nivel de Contenidos

RFA2 Entender el procesado de la información usando sistemas cuánticos, como qubits, puertas cuánticas, medidas, entrelazamiento, correlación, y limitaciones fundamentales y complejidad cuántica de algoritmos y operaciones.

RFA3 Identificar conceptos avanzados en el estudio mecano-cuántico de sistemas físicos de muchos cuerpos, fundamentos de interacción luz-materia, elementos de sistemas abiertos y topología.

RFA5 Conocer las principales implementaciones físicas de las tecnologías cuánticas y comprender sus principios de funcionamiento.

RFA a nivel de Competencias

RFA6 Diseñar, organizar e implementar un evento científico para la presentación del estado del arte en un campo de investigación.

RFA7 Atender, comprender e interpretar una charla científica en un ámbito de investigación de frontera de las tecnologías cuánticas, así como desarrollar una exposición crítica de los resultados presentados.

RFA9 Desarrollar capacidad de análisis, razonamiento crítico y resolución de problemas.

RFA10 Trabajar en equipo de forma activa compartiendo información y tareas para lograr la consecución de los objetivos previstos.

RFA11 Desarrollar proyectos básicos de investigación de forma autónoma.

RFA12 Redactar documentos científicos y técnicos, en particular artículos científicos.

RFA13 Realizar presentaciones sobre una investigación o proyecto científico ante públicos especializados.

RFA14 Buscar, obtener, procesar, comunicar información y transformarla en conocimiento.

RFA15 Conocer las herramientas metodológicas necesarias para desarrollar proyectos de investigación.

RFA a nivel de Habilidades o destrezas

RFA16 Aplicar conocimiento teórico relacionado con las tecnologías cuánticas en el ámbito de la investigación básica.

RFA17 Aplicar conocimiento teórico relacionado con las tecnologías cuánticas en el ámbito de la

investigación aplicada y el desarrollo tecnológico.

RFA18 Aplicar conocimiento práctico relacionado con las tecnologías cuánticas en el ámbito de la investigación básica.

RFA19 Aplicar conocimiento práctico relacionado con las tecnologías cuánticas en el ámbito de la investigación aplicada y el desarrollo tecnológico.

PLAN DE APRENDIZAJE

Actividades formativas

Lección magistral

Clase práctica

Tutorías individuales y/o colectivas

Estudio individual y trabajo autónomo del estudiante

Elaboración de trabajos individuales y/o en grupo

Metodologías docentes

Clases magistrales

Resolución de casos prácticos

Prácticas de programación o de laboratorio

Ponencias sobre los trabajos o entregables de problemas

Seminarios y conferencias

Tutorías individuales y/o colectivas

SISTEMA DE EVALUACIÓN

Descripción del sistema de evaluación

Valoración de la participación en tutorías (ponderación mínima 10.0 y ponderación máxima 30.0)

Valoración de informe, prácticas y trabajos individuales o en grupo (ponderación mínima 20.0 y ponderación máxima 50.0)

Valoración de exposiciones orales de trabajos (ponderación mínima 20.0 y ponderación máxima 50.0)

Valoración del examen final oral o escrito (ponderación mínima 40.0 y ponderación máxima 80.0)

PROFESORADO

Profesor responsable

Bermejo Vega, Jara Juana

Doctora, Licenciada (Físicas), Ingeniera Técnica (Informática).
Personal Docente Investigador Ramón y Cajal.
Universidad de Granada.

Profesorado

Pérez Cañellas, Armando

Doctor en física.
Catedrático de universidad.
Universitat de València.

Sierra Rodero, Germán

DR. CIENCIAS FÍSICAS.
PROFESOR DE INVESTIGACIÓN.
CSIC/INSTITUTO DE FÍSICA TEÓRICA UAM-CSIC.

HORARIO

Horario

06/11/2024

11:00 - 14:00

UD1. Brief history of Quantum Computing; Turing machine and circuit model; Energy and information -video

Germán Sierra Rodero

DR. CIENCIAS FÍSICAS.
PROFESOR DE INVESTIGACIÓN.
CSIC/INSTITUTO DE FÍSICA TEÓRICA UAM-CSIC.

08/11/2024

9:00 - 12:00

UD2. Fundamental concepts in quantum computation - video

Germán Sierra Rodero

DR. CIENCIAS FÍSICAS.
PROFESOR DE INVESTIGACIÓN.
CSIC/INSTITUTO DE FÍSICA TEÓRICA UAM-CSIC.

15/11/2024

15:15 - 16:15

UD1-2 Exercises on Fundamental concepts (streaming)

Germán Sierra Rodero

DR. CIENCIAS FÍSICAS.
PROFESOR DE INVESTIGACIÓN.

CSIC/INSTITUTO DE FÍSICA TEÓRICA UAM-CSIC.

20/11/2024

12:00 - 14:00

UD3.1 Basic quantum algorithms - vídeo

Germán Sierra Rodero

DR. CIENCIAS FÍSICAS.
PROFESOR DE INVESTIGACIÓN.
CSIC/INSTITUTO DE FÍSICA TEÓRICA UAM-CSIC.

21/11/2024

10:00 - 12:00

UD3.2 Advanced quantum algorithms - video

Armando Pérez Cañellas

Doctor en física.
Catedrático de universidad.
Universitat de València.

16:15 - 17:15

Tutoring

Germán Sierra Rodero

DR. CIENCIAS FÍSICAS.
PROFESOR DE INVESTIGACIÓN.
CSIC/INSTITUTO DE FÍSICA TEÓRICA UAM-CSIC.

22/11/2024

10:00 - 13:00

UD3.3 Quantum simulations with quantum walks - video

Armando Pérez Cañellas

Doctor en física.
Catedrático de universidad.
Universitat de València.

25/11/2024

16:15 - 18:15

UD3.1 Exercises on Basic quantum algorithms (streaming)

Germán Sierra Rodero

DR. CIENCIAS FÍSICAS.
PROFESOR DE INVESTIGACIÓN.
CSIC/INSTITUTO DE FÍSICA TEÓRICA UAM-CSIC.

27/11/2024

16:15 - 17:15

UD3.2 Exercises on Advanced quantum algorithms (streaming)

Armando Pérez Cañellas

Doctor en física.
Catedrático de universidad.
Universitat de València.

28/11/2024

10:00 - 11:00

UD4. Quantum Noise - video

Armando Pérez Cañellas

Doctor en física.
Catedrático de universidad.
Universitat de València.

16:15 - 17:15

UD3.3 Exercises on Quantum simulations with quantum walks (streaming)

Armando Pérez Cañellas

Doctor en física.
Catedrático de universidad.
Universitat de València.

02/12/2024

17:30 - 18:30

UD3. Tutoring

Armando Pérez Cañellas

Doctor en física.
Catedrático de universidad.
Universitat de València.

03/12/2024

10:00 - 12:00

UD5. The Stabilizer Formalism, Quantum teleportation and measurement-based quantum computation - vídeo

Jara Juana Bermejo Vega

Doctora, Licenciada (Físicas), Ingeniera Técnica (Informática).
Personal Docente Investigador Ramón y Cajal.
Universidad de Granada.

15:45 - 16:45

UD4. Exercises on Quantum Noise (streaming)

Armando Pérez Cañellas

Doctor en física.
Catedrático de universidad.
Universitat de València.

10/12/2024

10:00 - 14:00

UD6. Quantum error correction - vídeo

Jara Juana Bermejo Vega

Doctora, Licenciada (Físicas), Ingeniera Técnica (Informática).
Personal Docente Investigador Ramón y Cajal.

Universidad de Granada.

12/12/2024

15:45 - 16:45

UD5. Exercises on Quantum teleportation (streaming)

Jara Juana Bermejo Vega

Doctora, Licenciada (Físicas), Ingeniera Técnica (Informática).
Personal Docente Investigador Ramón y Cajal.
Universidad de Granada.

16:45 - 17:45

UD5. Stabilizer formalism (streaming)

Jara Juana Bermejo Vega

Doctora, Licenciada (Físicas), Ingeniera Técnica (Informática).
Personal Docente Investigador Ramón y Cajal.
Universidad de Granada.

18:00 - 19:00

Tutoring

Germán Sierra Rodero

DR. CIENCIAS FÍSICAS.
PROFESOR DE INVESTIGACIÓN.
CSIC/INSTITUTO DE FÍSICA TEÓRICA UAM-CSIC.

16/12/2024

12:00 - 13:00

UD7. Computational complexity I - vídeo

Jara Juana Bermejo Vega

Doctora, Licenciada (Físicas), Ingeniera Técnica (Informática).
Personal Docente Investigador Ramón y Cajal.
Universidad de Granada.

13:00 - 14:00

UD7. Computational complexity II- vídeo

Jara Juana Bermejo Vega

Doctora, Licenciada (Físicas), Ingeniera Técnica (Informática).
Personal Docente Investigador Ramón y Cajal.
Universidad de Granada.

17/12/2024

15:15 - 16:15

Tutoring

Armando Pérez Cañellas

Doctor en física.
Catedrático de universidad.
Universitat de València.

07/01/2025

10:00 - 12:00

UD9.1 Tensor networks and applications- video

Jara Juana Bermejo Vega

Doctora, Licenciada (Físicas), Ingeniera Técnica (Informática).
Personal Docente Investigador Ramón y Cajal.
Universidad de Granada.

12:00 - 14:00

UD8. Quantum simulation and applications - video

Jara Juana Bermejo Vega

Doctora, Licenciada (Físicas), Ingeniera Técnica (Informática).
Personal Docente Investigador Ramón y Cajal.
Universidad de Granada.

09/01/2025

16:15 - 18:15

UD6. Exercises on Quantum error correction (streaming)

Jara Juana Bermejo Vega

Doctora, Licenciada (Físicas), Ingeniera Técnica (Informática).
Personal Docente Investigador Ramón y Cajal.
Universidad de Granada.

15/01/2025

9:00 - 14:00

UD9.3 Approaches of Noisy Intermediate Scale Quantum Computing (NISQ) and Hybrid Quantum-Classical Computing- video

Jara Juana Bermejo Vega

Doctora, Licenciada (Físicas), Ingeniera Técnica (Informática).
Personal Docente Investigador Ramón y Cajal.
Universidad de Granada.

17/01/2025

14:00 - 16:00

Tutoring

Jara Juana Bermejo Vega

Doctora, Licenciada (Físicas), Ingeniera Técnica (Informática).
Personal Docente Investigador Ramón y Cajal.
Universidad de Granada.

23/01/2025

18:00 - 19:00

UD9.2 Tensor network tutorial (streaming)

Jara Juana Bermejo Vega

Doctora, Licenciada (Físicas), Ingeniera Técnica (Informática).
Personal Docente Investigador Ramón y Cajal.
Universidad de Granada.

19:00 - 20:00

UD8. Exercises on Quantum simulation

Jara Juana Bermejo Vega

Doctora, Licenciada (Físicas), Ingeniera Técnica (Informática).
Personal Docente Investigador Ramón y Cajal.
Universidad de Granada.

28/01/2025

14:00 - 16:00

UD9.3 Exercises on Approaches of Noisy Intermediate Scale Quantum Computing (NISQ) (streaming)

Jara Juana Bermejo Vega

Doctora, Licenciada (Físicas), Ingeniera Técnica (Informática).
Personal Docente Investigador Ramón y Cajal.
Universidad de Granada.

30/01/2025

14:00 - 16:00

UD9.4 Exercises on Hybrid Quantum-Classical Computing (streaming)

Jara Juana Bermejo Vega

Doctora, Licenciada (Físicas), Ingeniera Técnica (Informática).
Personal Docente Investigador Ramón y Cajal.
Universidad de Granada.

04/02/2025

14:00 - 16:00

Tutoring

Jara Juana Bermejo Vega

Doctora, Licenciada (Físicas), Ingeniera Técnica (Informática).
Personal Docente Investigador Ramón y Cajal.
Universidad de Granada.

06/02/2025

16:15 - 18:15

Tutoring

Jara Juana Bermejo Vega

Doctora, Licenciada (Físicas), Ingeniera Técnica (Informática).
Personal Docente Investigador Ramón y Cajal.
Universidad de Granada.

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES RELACIONADOS

Bibliografía

M. Nielsen and I. Chuang, Quantum Computation and Quantum Information, Cambridge Univ. Press (2000).

A. M. Childs, Lecture Notes on Quantum Algorithms, University of Maryland, 30 May 2017,

R. de Wolf, Quantum Computing: Lecture Notes, University of Amsterdam

S. Gharibian, Lecture Notes on Quantum Complexity Theory, 2019,

J. Watrous, Quantum Computational Complexity, 2008

¿Quantum Computing for Highschool Students¿,

A. Montanaro, Quantum algorithms: an overview, npj Quantum Inf. 2, 15023 (2016),

S. Aaronson, Read the fine print, Nature Physics 11:291-293, 2015,