Qubits en semiconductores y sistemas híbridos

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

Qubits en semiconductores y sistemas híbridos

Código asignatura

102772

Curso académico

2025-26

Planes donde se imparte

MÁSTER UNIVERSITARIO EN TECNOLOGÍAS CUÁNTICAS

Créditos ECTS

3

Carácter de la asignatura

OPTATIVA

Duración

Cuatrimestral

Idioma

CONTENIDOS

Contenidos

Esta asignatura ofrece una visión sobre bits cuánticos en distintas plataformas basadas en dispositivos semiconductores e híbridos. Se obtendrá una visión global sobre diferentes tipos de qubits en diversos materiales y dispositivos de estado sólido. Estos incluyen impurezas en silicio y diamante; espines de átomos y moléculas magnéticas y puntos cuánticos; así como propuestas y aplicaciones basadas en la combinación de estos sistemas con superconductores, incluyendo qubits topológicos basados en estados de Majorana e implementaciones híbridas en arquitecturas de tipo circuit QED.
Aparte de discutir plataformas específicas, se ofrece una introducción sobre conceptos básicos de física de semiconductores; sobre nanoestructuras con aplicación en tecnologías cuánticas; y sobre conceptos fundamentales de la física de espines que ilustran de manera particularmente sencilla fenómenos como decoherencia, termalización y control coherente.

- Introducción a la física de semiconductores, impurezas y espines localizados
- Nanoestructuras: gas de electrones 2D, puntos e hilos cuánticos
- Interacción espín-órbita en semiconductores
- Átomos y moléculas artificiales en impurezas, puntos cuánticos y centros de color
- Bits cuánticos en circuitos electrónicos multicanal
- Estados de Majorana y qubits topológicos
- Sistemas híbridos basados en circuitos superconductores

***: El estudiante que desee cursar esta asignatura alumnado deberá poseer conocimientos básicos de física del estado sólido.

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

Aguado Solá, Ramón

Doctor En Física.

Profesor De Investigación CSIC

Instituto De Ciencia De Materiales De Madrid (ICMM-CSIC)

Profesorado

Frustaglia Lencinas, Diego César

Doctor en Física.

Profesor Titular de Universidad.

Departamento de Física Aplicada II, Universidad de Sevilla.

Calderón Prieto, María José

Doctora En Ciencias Físicas.

Investigadora Científica, Física De La Materia Condensada.

Instituto De Ciencia De Materiales De Madrid, CSIC

Platero Coello, Gloria

Doctora en Físicas.

Profesora Investigación CSIC.

Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid.

Kohler , Sigmund Albert

Dr. rer. nat.

Investigador Científico.

Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid, CSIC.

López Gonzalo, María Rosa

Licenciada y Doctora en Física por la Universidad Autónoma de Madrid.

Catedrática de Universidad.

Universidad de las Islas Baleares, Instituto Interdisciplinar y de Sistemas Complejos.

HORARIO

Horario

26/02/2026

14:00 - 15:30

Semiconductor and hybrid qubits

María José Calderón Prieto

DOCTORA EN CIENCIAS FÍSICAS.
INVESTIGADORA CIENTÍFICA, FÍSICA DE LA MATERIA CONDENSADA.
INSTITUTO DE CIENCIA DE MATERIALES DE MADRID, CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

03/03/2026

18:00 - 19:30

UD2 Nanostructures

María Rosa López Gonzalo

Licenciada y Doctora en Física (UAM)
Catedrática de Universidad
Universidad de las Islas Baleares, Instituto Interdisciplinar y de Sistemas Complejos

05/03/2026

14:00 - 15:30

UD3 Spin orbit interaction in semiconductors

Diego César Frustaglia Lencinas

Doctor en Física
Profesor Titular de Universidad.
Departamento de Física Aplicada II, Universidad de Sevilla.

12/03/2026

14:00 - 16:00

UD4.1 Natural Atoms and molecules I

María José Calderón Prieto

DOCTORA EN CIENCIAS FÍSICAS.
INVESTIGADORA CIENTÍFICA, FÍSICA DE LA MATERIA CONDENSADA.
INSTITUTO DE CIENCIA DE MATERIALES DE MADRID, CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

17/03/2026

18:00 - 19:00

UD1 Introduction (practical)

María José Calderón Prieto

DOCTORA EN CIENCIAS FÍSICAS.
INVESTIGADORA CIENTÍFICA, FÍSICA DE LA MATERIA CONDENSADA.
INSTITUTO DE CIENCIA DE MATERIALES DE MADRID, CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

19/03/2026

14:00 - 16:00

UD4.2 Artificial Atoms and molecules II

Gloria Platero Coello

Dra Físicas
Profesora de Investigación. CSIC
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid

26/03/2026

14:00 - 15:00

UD2 Nanostructures (practical)

María Rosa López Gonzalo

Licenciada y Doctora en Física (UAM)
Catedrática de Universidad
Universidad de las Islas Baleares, Instituto Interdisciplinar y de Sistemas Complejos

07/04/2026

18:00 - 19:00

UD5 Flying electronic qubits

Diego César Frustaglia Lencinas

Doctor en Física
Profesor Titular de Universidad.
Departamento de Física Aplicada II, Universidad de Sevilla.

09/04/2026

14:00 - 15:00

UD4 Artificial and Natural Atoms and molecules (practical)

María José Calderón Prieto

DOCTORA EN CIENCIAS FÍSICAS.
INVESTIGADORA CIENTÍFICA, FÍSICA DE LA MATERIA CONDENSADA.
INSTITUTO DE CIENCIA DE MATERIALES DE MADRID, CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

15:00 - 16:00

UD4 Artificial and Natural Atoms and molecules (practical)

Gloria Platero Coello

Dra Físicas
Profesora de Investigación. CSIC
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid

16/04/2026

14:00 - 16:00

UD6 Superconducting qubits based in superconducting circuits

Ramón Aguado Solá

Investigador Científico
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid, CSIC

21/04/2026

18:00 - 19:00

UD6 Hybrid semiconductor-superconductor qubits

Ramón Aguado Solá

Investigador Científico

Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid, CSIC

23/04/2026

14:00 - 15:30

UD6 Hybrid semiconductor-superconductor qubits

Ramón Aguado Solá

Investigador Científico
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid, CSIC

30/04/2026

14:00 - 15:00

UD7 Superconducting cavities and readout

Sigmund Albert Kohler

Científico Titular
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (ICMM, CSIC)

15:00 - 15:30

UD7 Superconducting cavities and readout

Sigmund Albert Kohler

Científico Titular
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (ICMM, CSIC)

05/05/2026

18:00 - 19:30

UD3/UD5 Spin orbit interaction in semiconductors / Flying electronic qubits

Diego César Frustaglia Lencinas

Doctor en Física
Profesor Titular de Universidad.
Departamento de Física Aplicada II, Universidad de Sevilla.

07/05/2026

14:00 - 16:00

UD6. Superconducting qubits based in superconducting circuits / Hybrid semiconductor-superconductor qubits

Ramón Aguado Solá

Investigador Científico
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid, CSIC

19/05/2026

18:00 - 19:00

Tutorship

María Rosa López Gonzalo

Licenciada y Doctora en Física (UAM)
Catedrática de Universidad
Universidad de las Islas Baleares, Instituto Interdisciplinar y de Sistemas Complejos

21/05/2026

14:00 - 15:00

Tutorship

Gloria Platero Coello

Dra Físicas
Profesora de Investigación. CSIC
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid

28/05/2026

14:00 - 15:00

Tutorship

Diego César Frustaglia Lencinas

Doctor en Física
Profesor Titular de Universidad.
Departamento de Física Aplicada II, Universidad de Sevilla.

02/06/2026

18:00 - 19:00

Tutorship

María José Calderón Prieto

DOCTORA EN CIENCIAS FÍSICAS.
INVESTIGADORA CIENTÍFICA, FÍSICA DE LA MATERIA CONDENSADA.
INSTITUTO DE CIENCIA DE MATERIALES DE MADRID, CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

04/06/2026

14:00 - 15:00

Tutorship

Ramón Aguado Solá

Investigador Científico
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid, CSIC

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES RELACIONADOS

Bibliografía

R. Winkler, Spin-orbit Coupling Effects in Two-Dimensional Electron and Hole Systems (Springer, 2003).

T. Ihn, Semiconductor Nanostructures, (Oxford University Press, 2010)

C.W.J. Beenakker, Electron-hole entanglement in the Fermi sea, Proc. Int. School Phys. E. Fermi, Vol. 162 (IOS Press, Amsterdam, 2006),

Yu. V. Nazarov & Ya. M. Blanter, Quantum Transport (Cambridge University Press, 2009).

G. Burkard et al., Superconductor¿semiconductor hybrid-circuit quantum electrodynamics, Nature Reviews Physics 2, 129 (2020).

R. Aguado, A perspective on semiconductor-based superconducting qubits, Appl. Phys. Lett. 117, 240501 (2020).