

# Teoría Cuántica avanzada

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN TECNOLOGÍAS CUÁNTICAS**

***UNIVERSIDAD INTERNACIONAL MENÉNDEZ PELAYO***

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

Teoría Cuántica avanzada

### Código asignatura

102770

### Curso académico

2024-25

### Planes donde se imparte

[MÁSTER UNIVERSITARIO EN TECNOLOGÍAS CUÁNTICAS](#)

### Créditos ECTS

6

### Carácter de la asignatura

OBLIGATORIA

### Duración

Cuatrimestral

### Idioma

Inglés

# CONTENIDOS

## Contenidos

Esta asignatura ofrece un paquete de temas de carácter transversal de utilidad en el resto del máster.

- Principios básicos de sistemas de muchos cuerpos y materia cuántica avanzada. Segunda cuantización, teoría de perturbaciones, transiciones de fase, superconductividad y magnetismo.
- Principios básicos de óptica cuántica: cuantización del campo electromagnético, modelos de interacción luz-materia, transformaciones ópticas lineales, fotoemisión y fotodetección.
- Introducción a los sistemas cuánticos abiertos: evolución markoviana; ecuaciones de Lindblad; decoherencia, desfasaje y disipación; modelos microscópicos.
- Conceptos de topología: fases geométricas; fases topológicas y número de Chern; correspondencia  $\zeta$ bulk-boundary $\zeta$ ; modelos elementales; aniones.

# RESULTADOS DE APRENDIZAJE Y DE FORMACIÓN

## Generales

### RFA a nivel de Contenidos

RFA1 Dominar los fundamentos matemáticos y las bases físicas de la ciencia y tecnologías cuánticas.

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.

RFA4 Reconocer los conceptos avanzados del procesado de la información usando sistemas cuánticos así como su aplicación a problemas de relevancia.

### RFA a nivel de Competencias

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

# PLAN DE APRENDIZAJE

## Actividades formativas

Lección magistral

Tutorías individuales y/o colectivas

Estudio individual y trabajo autónomo del estudiante

Elaboración de trabajos individuales y/o en grupo

Pruebas de evaluación

## Metodologías docentes

Clases magistrales

Resolución de casos prácticos

Ponencias sobre los trabajos o entregables de problemas

Tutorías individuales y/o colectivas

# SISTEMA DE EVALUACIÓN

## Descripción del sistema de evaluación

Valoración de la participación en tutorías (ponderación mínima 0.0 y ponderación máxima 20.0)

Valoración de informe, prácticas y trabajos individuales o en grupo (ponderación mínima 0.0 y ponderación máxima 40.0)

Valoración del examen final oral o escrito (ponderación mínima 40.0 y ponderación máxima 100.0)

## PROFESORADO

### Profesor responsable

**Aguado Solá, Ramón**

*Doctor En Física.*

*Profesor De Investigación CSIC*

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

### Profesorado

**Ramos del Río, Tomás Andrés**

*Doctor en Física.*

*Investigador Ramón y Cajal.*

*Instituto de Física Fundamental IFF-CSIC.*

**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*

**Zueco Láinez, David**

*Doctor.*

*Científico Titular.*

*CSIC/Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón .*

**Stauber , Tobias**

*Investigador Científico.*

*Teoría de la Materia Condensada.*

*Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid.*

# HORARIO

## Horario

05/11/2024

16:15 - 17:15

UD1.1 Dirac Equation (streaming)

David Zueco Láinez

Doctor en Físicas.  
Científico Titular en el CSIC.  
CSIC / Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón.

06/11/2024

14:00 - 16:00

UD1.2 Electromagnetic field quantization (streaming)

David Zueco Láinez

Doctor en Físicas.  
Científico Titular en el CSIC.  
CSIC / Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón.

07/11/2024

14:00 - 16:00

UD2.1 States of light (streaming)

Tomás Andrés Ramos del Río

Doctor en Física.  
Investigador Ramón y Cajal  
Instituto de Física Fundamental, IFF-CSIC

12/11/2024

14:00 - 15:00

UD2.2 Linear elements (streaming)

Tomás Andrés Ramos del Río

Doctor en Física.  
Investigador Ramón y Cajal  
Instituto de Física Fundamental, IFF-CSIC

15:00 - 16:00

UD3. Spontaneous emission (streaming)

David Zueco Láinez

Doctor en Físicas.  
Científico Titular en el CSIC.  
CSIC / Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón.

14/11/2024

14:00 - 16:00

UD4. Cavity QED (streaming)

David Zueco Láinez

Doctor en Físicas.  
Científico Titular en el CSIC.  
CSIC / Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón.

15/11/2024

14:00 - 15:00

UD1.2 Exercises on Electromagnetic field quantization (streaming)

David Zueco Láinez

Doctor en Físicas.  
Científico Titular en el CSIC.  
CSIC / Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón.

19/11/2024

14:00 - 15:00

UD5. Open systems 1 (streaming)

David Zueco Láinez

Doctor en Físicas.  
Científico Titular en el CSIC.  
CSIC / Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón.

15:00 - 16:00

UD2.3 Exercises on states of light and linear elements (streaming)

Tomás Andrés Ramos del Río

Doctor en Física.  
Investigador Ramón y Cajal  
Instituto de Física Fundamental, IFF-CSIC

21/11/2024

14:00 - 15:00

UD5. Open systems 2 (streaming)

David Zueco Láinez

Doctor en Físicas.  
Científico Titular en el CSIC.  
CSIC / Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón.

26/11/2024

14:00 - 16:00

UD4. Exercises on Cavity QED (streaming)

David Zueco Láinez

Doctor en Físicas.  
Científico Titular en el CSIC.  
CSIC / Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón.

28/11/2024

14:00 - 16:00

UD5. Exercises on Open systems (streaming)

David Zueco Láinez

Doctor en Físicas.  
Científico Titular en el CSIC.  
CSIC / Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón.

03/12/2024

14:00 - 15:30

UD6.1 Quantum Field Theory (streaming)

Tobias Stauber

Investigador Científico.  
Teoría de la Materia Condensada.  
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid.

09/12/2024

14:00 - 15:30

UD6.2 2nd Quantization (streaming)

Tobias Stauber

Investigador Científico.  
Teoría de la Materia Condensada.  
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid.

10/12/2024

14:00 - 15:30

UD6.3 Quantum Statistics (streaming)

Tobias Stauber

Investigador Científico.  
Teoría de la Materia Condensada.  
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid.

12/12/2024

14:00 - 15:30

UD6.4 Perturbation theory (streaming)

Tobias Stauber

Investigador Científico.  
Teoría de la Materia Condensada.  
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid.

13/12/2024

15:15 - 16:15

UD1. and UD3. Tutoring

David Zueco Láinez

Doctor en Físicas.  
Científico Titular en el CSIC.  
CSIC / Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón.

16/12/2024

14:00 - 16:00

UD7. Phase Transitions (streaming)

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

17/12/2024

14:00 - 15:00

UD2. Tutoring

Tomás Andrés Ramos del Río

Doctor en Física.  
Investigador Ramón y Cajal  
Instituto de Física Fundamental, IFF-CSIC

18/12/2024

14:00 - 16:00

UD8. Magnetism - (streaming)

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

19/12/2024

16:15 - 17:15

UD4. and UD5. Tutoring

David Zueco Láinez

Doctor en Físicas.  
Científico Titular en el CSIC.  
CSIC / Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón.

08/01/2025

14:00 - 16:00

UD9. Superconductivity (streaming)

Ramón Aguado Solá

Investigador Científico  
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid, CSIC

16:00 - 17:30

UD6.1/UD6.2 Exercises on Quantum Field Theory and 2nd Quantization (streaming)

Tobias Stauber

Investigador Científico.  
Teoría de la Materia Condensada.  
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid.

10/01/2025

16:15 - 17:45

UD6.3/UD6.4 Quantum statistics and perturbation theory (streaming)

Tobias Stauber

Investigador Científico.  
Teoría de la Materia Condensada.  
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid.

13/01/2025

14:00 - 16:00

UD10.1 Concepts of topology 1: AB phase, AC phase, Berry phase, Non-abelian geometric phases, and Chern number - (streaming)

Diego César Frustaglia Lencinas

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

14/01/2025

16:15 - 18:15

UD10.2 Concepts of topology 2: AB phase, AC phase, Berry phase, Non-abelian geometric phases, and Chern number - (streaming)

Diego César Frustaglia Lencinas

Doctor en Física

Profesor Titular de Universidad.

Departamento de Física Aplicada II, Universidad de Sevilla.

15/01/2025

17:00 - 18:00

UD6. Tutoring

Tobias Stauber

Investigador Científico.

Teoría de la Materia Condensada.

Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid.

16/01/2025

14:00 - 16:00

UD10.3 Edge-bulk correspondence and topological quantum computing (streaming)

Ramón Aguado Solá

Investigador Científico

Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid, CSIC

17/01/2025

16:15 - 17:15

UD7. Exercises on Phase transitions (streaming)

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

20/01/2025

14:00 - 15:00

UD8. Exercises on Magnetism (streaming)

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

UD9. Exercises on Superconductivity (streaming)

Ramón Aguado Solá

Investigador Científico  
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid, CSIC

21/01/2025

---

14:00 - 15:00

UD10.1 Exercises on Concepts of topology 1 (streaming)

Diego César Frustaglia Lencinas

Doctor en Física

Profesor Titular de Universidad.

Departamento de Física Aplicada II, Universidad de Sevilla.

17:30 - 18:30

UD6. Tutoring

Tobias Stauber

Investigador Científico.

Teoría de la Materia Condensada.

Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid.

22/01/2025

16:15 - 17:15

UD7 and UD8. Tutoring

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

23/01/2025

14:00 - 15:00

UD10.2 Exercises on Concepts of topology 2 (streaming)

Diego César Frustaglia Lencinas

Doctor en Física

Profesor Titular de Universidad.

Departamento de Física Aplicada II, Universidad de Sevilla.

15:00 - 16:30

UD10.3 Exercises on Edge-bulk correspondance and topological quantum computing (streaming)

Ramón Aguado Solá

Investigador Científico

Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid, CSIC

27/01/2025

18:30 - 19:30

UD9. Tutoring

Ramón Aguado Solá

Investigador Científico

Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid, CSIC

29/01/2025

15:15 - 16:15

UD10.1 Tutoring

Diego César Frustaglia Lencinas

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

03/02/2025

17:15 - 18:15

UD10.2 Tutoring

Diego César Frustaglia Lencinas

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

18:15 - 19:15

UD10.3 Tutoring

Ramón Aguado Solá

Investigador Científico  
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid, CSIC

# BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES RELACIONADOS

## Bibliografía

- A. Altland And B. Simons, [Condensed Matter Field Theory](#), Cambridge Univ. Press (2010).
- P. Coleman, [Introduction to Many Body Physics](#), Cambridge Univ. Press (2015).
- A. Auerbach, [Interacting Electrons and Quantum Magnetism](#), Springer (2012).
- G. Giuliani and G. Vignale, [Quantum Theory of the Electron Liquid](#), Cambridge Univ. Press (2012).
- H.P. Breuer and F. Petruccione, [The Theory of Open Quantum Systems](#), Oxford Univ. Press (2010).
- U. Weiss, [Quantum Dissipative Systems](#), World Scientific (2012).
- C.W. Gardiner and P. Zoller, [Quantum Noise](#), Springer (2004).
- C. Cohen-Tannoudji, J. Dupont-Roc, G. Grynberg, [Photons and Atoms: Introduction to Quantum Electrodynamics](#), Wiley-VCH Verlag (2004).
- C. Cohen-Tannoudji, J. Dupont-Roc, G. Grynberg, [Atom-Photon Interactions: Basic Processes and Applications](#), Wiley-VCH Verlag (2004).
- C. Gerry and P. Knight, [Introductory Quantum Optics](#), Cambridge Univ. Press (2005).
- A. Rivas and S. F. Huelga, [Open Quantum Systems: An Introduction](#), Springer (2012).
- Arno Bohm et al., [The Geometric Phase in Quantum Systems](#), Springer (2003).
- D. Chruscinski and A. Jamiolkowski, [Geometric Phases in Classical and Quantum Mechanics](#), Birkhäuser (2004).
- B. A. Bernevig and T. L. Hughes, [Topological Insulators and Superconductors](#), Princeton University Press (2013).
- K. K. Asboth, L. Oroszlany and A. Palyi, [A short course on Topological Insulators](#), Springer (2016).
- J. K. Pachos, [Introduction to Topological Quantum Computation](#), Cambridge Univ. Press (2012).