FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2026-27

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales
Título:	Nanotecnología biomédica
Title:	Biomedical nanotechnology
Tutor/es:	Lucas Pérez García
E-mail tutor/es:	lucas.perez@ucm.es
Número de plazas:	3
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

En los últimos años, la posibilidad de manipular la materia en la nanoescala ha tenido un impacto fundamental en la tecnología biómedica, que se está teniendo poco a poco un impacto importante en la medicina. En este contexto, los objetivos fundamentales del trabajo son:
.- Entender los efectos físicos en la nanoescala que permiten en desarrollo de la nanomedicina.
.- Conocer los métodos de fabricación de las estructuras nanométricas utilizadas.
.- Profundizar en una de las aplicaciones que tiene la nanomecina, bien en el campo de la oncología, bien en el de las enfermedades neuronales.

Metodología:

El trabajo tendrá caracter bibliográfico. Cada estudiante se centrará en unos de los siguientes temas:
.- Nanopartículas para el tratamiento de enfermedades oncológicas.
.- Aproximaciones eléctricas en el campo de las enfermedades neurológicas.
.- La medida de campos magnéticos neurales.

Bibliografía:

.- M. Colombo et al. Biological applications of magnetic nanoparticles. Chem. Soc. Rev. 41 (2012) 4306–4334
.- F. J. Klein et al. In vivo magnetic recording of single-neuron action potentials. J. Neurophysiol. 134 (2025) 1306–1319
.- Otros artículos científicos del campo que serán proporcionados a medida que se vaya realizando el mismo.

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2026-27

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales
Título:	Propiedades elásticas y electro-químicas en materiales 2D
Title:	Elastic and electro-chemical properties of 2D materials
Tutor/es:	César González
E-mail tutor/es:	cesar.gonzalez@ucm.es
Número de plazas:	2
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

¿Qué sucede cuando se estira un material 2D como el grafeno[1]? ¿Se rompe fácilmente? ¿Qué ocurre con sus propiedades electrónicas? ¿Se convertirá el material en más reactivo? ¿Se formará una cadena mono-atómica antes de la ruptura? ¿Cómo se verá afectado por la inclusión de impurezas u otros defectos?
Se comenzará reproduciendo la estructura atómica y electrónica característica del grafeno, del MoS2 y/o del BN. Se dopará el material con diferentes elementos: B, N, O, C o Si. Se irá estirando el material en pequeños pasos hasta llegar a su ruptura. De esta forma obtendremos la estructura atómica de todo el proceso. A su vez, se estimará la Densidad de Estados (DOS) en los sucesivos pasos para comprobar el cambio de la estructura electrónica. Este es el proceso llevado a cabo en anteriores TFGs [2]. Finalmente, se podrán colocar moléculas (H2O, O2 o CO2) cerca de los puntos de ruptura para comprobar si el cambio en la reactividad.

El primer TFG estudiará la reactividad química del grafeno estirado con moléculas de CO2.
El segundo TFG estudiará la reactividad química del MoS2 estirado con moléculas de H2O.

Metodología:

En el TFG se aprenderá a usar la teoría del funcional (DFT) de la densidad mediante el uso del código FIREBALL [3] para dar respuesta a las preguntas propuestas. Por tanto, se comenzará estudiando y comprendiendo los detalles y las aproximaciones de la metodología...). Se aprenderá a usar el entorno Linux y programación en shell-script con la posibilidad de uso de supercomputadores.

Bibliografía:

[1] "A review of nitrogen-doped carbon materials for lithium-ion battery anodes" M. Shaker, et al New Carbon Materials, 38(2): 247-282 (2023)
[3] "Estirando el grafeno" TFG Manuel Lozano. Julio 2024
[2] “Advances and applications in the FIREBALL ab initio tight-binding molecular-dynamics formalism” J. P. Lewis et al. Phys. Status Solidi B 248 1989 (2011)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2026-27

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales
Título:	Materiales magnéticos duros
Title:	Hard magnetic materials
Tutor/es:	Rocío Ranchal Sánchez
E-mail tutor/es:	rociran@ucm.es
Número de plazas:	1
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

El objetivo general de este TFG es alcanzar un conocimiento más profundo sobre materiales magnéticos, y en especial sobre los que se conocen como duros, i.e. aquellos que poseen un elevado campo coercitivo. De acuerdo a los intereses del/de la estudiante que elija este TFG, se realizará un estudio solo bibliográfico o se ampliará con trabajo experimental.

Metodología:

Se propone un estudio básico bibliográfico, pero con posibilidad de ampliarlo con trabajo experimental si así se decide por parte del/de la estudiante. Como complemento experimental se propone la fabricación de materiales mediante el método cerámico. La caracterización se realizará mediante difracción de rayos-X, microscopía electrónica de barrido o magnetometría. En caso de que no sea posible, o que no sea la opción preferente del estudiante, se realizará una revisión bibliográfica de la temática elegida.

Bibliografía:

- B. D. Cullity, C. D. Graham. Introduction to Magnetic Materials. Cambridge University Press (2008).
-Artículos científicos relacionados con la temática.

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2026-27

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales
Título:	Óxidos de alta entropía: rutas de síntesis y aplicaciones
Title:	High entropy oxides: synthesis routes and applications
Tutor/es:	Carlos Díaz-Guerra Viejo
E-mail tutor/es:	cdiazgue@ucm.es
Número de plazas:	1
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

Los óxidos de alta entropía (HEO, *High Entropy Oxides*) suponen una disrupción en las ideas y modelos tradicionales de la física de materiales y han despertado grandes expectativas debido a su interés fundamental y el de sus posibles aplicaciones en diversos campos. Los HEOs integran en su estructura al menos 5 elementos metálicos diferentes en proporciones semejantes, que se combinan formando una solución sólida con una estructura cristalina bien definida. La sinergia entre los constituyentes, entre otros factores, confiere a los HEOs propiedades diferentes o mejoradas en relación a las de los óxidos de cada metal. El trabajo hará hincapié en los siguientes aspectos:

- Métodos de síntesis que permitan obtener composiciones específicas con la estructura deseada.
- Técnicas de IA y *data mining* para la exploración y diseño de nuevos HEOs.
- Influencia de la estructura en las propiedades físicas y químicas.
- Aplicaciones en dispositivos de almacenamiento de energía (baterías, supercondensadores, H2).
- Aplicaciones como catalizadores en la degradación de contaminantes.

Metodología:

El trabajo se basa en una revisión bibliográfica del estado del arte y perspectivas futuras en el diseño, síntesis, caracterización y aplicaciones de los HEOs, especialmente como materiales para almacenamiento de energía y materiales para aplicaciones medioambientales. En función del interés del alumno, existe la posibilidad de sintetizar muestras y caracterizarlas experimentalmente mediante difracción de rayos X, microscopía electrónica de barrido, microanálisis de rayos X y espectroscopía micro-Raman.

Bibliografía:

[1] S. Šarić et al. Overview of Recent Advances in Rare-Earth High-Entropy Oxides as Multifunctional Materials for Next-Gen Technology Applications. Molecules 30 (2025). 1082.doi.org/10.3390/molecules30051082.
[2] Yuou Li et al, Rare earth-incorporated high entropy oxides for energy and environmental catalysis, Chin. J. Catal. 61 (2024) 54-70. doi.org/10.1016/S1872-2067(24)60012-4.
[3] Suvodeep Sen, et al., High Entropy Oxides: Mapping the Landscape from Fundamentals to Future Vistas, ACS Energy Lett. 9 (2024) 3694-3718. doi.org/10.1021/acsenergylett.4c01129

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2026-27

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales
Título:	Técnicas avanzadas de microscopía aplicadas al estudio de nuevos materiales
Title:	Advanced microscopy techniques applied to cutting-edge material systems
Tutor/es:	María Varela del Arco
E-mail tutor/es:	mvarela@ucm.es
Número de plazas:	1
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

El objetivo principal de este trabajo es explorar el estado del arte en que se encuentran actualmente diversas técnicas de microscopía y espectroscopía, aplicadas principalmente al estudio de materiales avanzados. Ejemplos pueden incluir la aplicación de microscopía con corrección de aberración esférica al estudio de materiales de relevancia tecnológica, nuevas técnicas espectroscópicas como el dicroísmo de electrones, caracterización de nanomateriales, microscopía in-situ, medida de campos eléctricos con resolución atómica, microscopía electrónica en 4D, otras microscopías, técnicas avanzadas de análisis de datos (incluyendo rutinas de deep learning, big data, inteligencia artificial, etc) u otras.

Metodología:

El carácter del trabajo podrá incluir tanto revisión de literatura como desarrollo de facetas experimentales o teóricas del tema. Los aspectos específicos se discutirán y decidirán entre supervisor y estudiante

Bibliografía:

- "Scanning transmission electron microscopy", Stephen J. Pennycook & Peter Nellist. Springer, 2011. ISBN 978-1-4419-7200-2
- Otra bibliografía específica se determinará en función de los contenidos a los que se enfoque el trabajo.

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2026-27

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales
Título:	Dificultades en el estudio y comprensión de los conceptos básicos de Física de Materiales
Title:	Difficulties in the study and understanding of the basic concepts of Materials Physics
Tutor/es:	Paloma Fernández Sánchez
E-mail tutor/es:	arana@ucm.es
Número de plazas:	1
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

El objetivo de este trabajo es realizar un análisis de los conceptos básicos en Física de Materiales y las principales dificultades encontradas para su comprensión.

Metodología:

Partiendo del programa básico de una asignatura introductoria de Física de Materiales se seleccionarán los conceptos básicos: enlace, estructura de bandas, microestructura, etc..Se analizarán los conocimientos previos necesarios para su comprensión y se revisará el contexto (curso, asignatura) en el que se han estudiado.
Con esta información se tratará de detectar el origen de las dificultades de comprensión más frecuentes.

Bibliografía:

Materials Science and Engineering. An Introduction; W.D. Callister Jr (John Wiley and Sons, 2003) (también edición en español)
The Science and Engineering of Materials; D.R. Askeland and P.P. Puhl (Thomson 2006), (también edición en español)
Understanding Solids: the Science of Materials , Richard D.J. Tilley (John Wiley and Sons, 2004)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2026-27

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales
Título:	Nuevas arquitecturas basadas en óxidos metálicos
Title:	New architectures based on metal oxides
Tutor/es:	Ana Urbieta
E-mail tutor/es:	anaur@ucm.es
Número de plazas:	1
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

Los óxidos metálicos semiconductores constituyen una familia de materiales de gran interés para multitud de aplicaciones tecnológicas. La posibilidad de producir nuevas arquitecturas que combinen dos de estos materiales que mejoren algunos parámetros clave para dichas aplicaciones, como la superficie específica o la manejabilidad, abre nuevas posibilidades para su utilización, así como para obtener materiales multifuncionales. El objetivo del trabajo ofertado es revisar el estado del arte de este campo científico, así como explorar la posible realización de experimentos de crecimiento y caracterización de este tipo de estructuras en el laboratorio.

Metodología:

El trabajo comenzará realizando una revisión bibliográfica del uso de estos óxidos en diversas aplicaciones, haciendo hincapié en los procesos de crecimiento, las distintas arquitecturas y combinaciones de materiales más interesantes. Se explorará la posibilidad de obtener este tipo de estructuras haciendo uso de las técnicas disponibles en el laboratorio. Dependiendo del transcurso del trabajo, se realizará algún experimento de crecimiento y caracterización.

Bibliografía:

C. Karthikeyan, P. Arunachalam, K. Ramachandran, A. M. Al-Mayouf, S. Karuppuchamy,, Journal of Alloys and Compounds, 828 (2020) 154281

G. Korotcenkov, B.K. Cho, Sensors and Actuators B: Chemical, 244 (2017) 182

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2026-27

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales
Título:	Cavidades fotónicas en nanoestructuras
Title:	Photonic cavities in nanostructures
Tutor/es:	Emilio Nogales Díaz, Paula Pérez Peinado
E-mail tutor/es:	enogales@ucm.es, paulpe07@ucm.es
Número de plazas:	1
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

Se estudiarán las microcavidades ópticas, clave en muchos dispositivos fotónicos. Dichas microcavidades se pueden basar, por ejemplo, en cristales fotónicos o en reflectores de Bragg (DBR) y sus aplicaciones van desde las fuentes de luz sintonizables a los nanoláseres, pasando por sensores de temperatura, memorias cuánticas, filtros ópticos, interruptores ópticos activos o biosensores.
En este trabajo se aplicará esta idea a nanoestructuras de óxidos semiconductores emisores de luz.
En concreto, los objetivos son:
- Entender la física de las microcavidades ópticas y su aplicación a dispositivos emisores de luz sintonizable.
- Analizar microcavidades ópticas integradas en nanohilos y/o nanomembranas de óxido de galio mediante cálculos por el método de la matriz de transferencia (TMM) y/o simulaciones basadas en diferencias finitas en el dominio temporal (FDTD).

Metodología:

Además de un primer trabajo de análisis bibliográfico, se realizarán simulaciones de microcavidades basadas en DBRs cuasi-1D o cuasi-2D mediante TMM y/o FDTD, para optimizar sus propiedades en diferentes rangos del espectro visible-ultravioleta. También se contempla la posibilidad de realizar experimentos de micro-espectroscopía de luminiscencia en el laboratorio del grupo "Física de nanomateriales electrónicos" del Departamento con el fin de comparar estos datos con los de las simulaciones.

Bibliografía:

- Optoelectronics and photonics: Principles and practices, S.O. Kasap, Pearson (2001)

- β-GaO:Cr nanowires with optical microcavities for determining local heating induced by X-ray nanobeams, D. Carrasco et al. APL Materials (2025) https://doi.org/10.1063/5.0261501

- Wide Dynamic Range Thermometer Based on Luminescent Optical Cavities in Ga2O3:Cr Nanowires, M. Alonso-Orts et al., Small 18, 2105355 (2022)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2026-27

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales
Título:	Efectos de polarización y anisotropía en semiconductores
Title:	Polarization and anisotropic effects in semiconductors
Tutor/es:	Emilio Nogales, Paula Pérez Peinado
E-mail tutor/es:	enogales@ucm.es, paulpe07@ucm.es
Número de plazas:	1
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

El estado de polarización de la luz es un atributo relevante que se puede usar como portador de información en una gran variedad de aplicaciones, como en visión artificial, comunicaciones ópticas o encriptación de la información.
El objetivo general de este Trabajo Fin de Grado es el estudio de la alteración del estado de polarización de luz debido a su interacción con semiconductores que presentan anisotropía cristalina.

En este TFG se hará una revisión bibliográfica de los semiconductores que son adecuados para controlar el estado de polarización de modo artificial, así como de las estructuras y/o diseños de algunos dispositivos propuestos que explotan esta propiedad de la luz.

Metodología:

El estudiante revisará la bibliografía en este campo, y eventualmente podrá realizar experimentos de catodoluminiscencia y espectroscopia Raman para observar los efectos de anisotropía.
Se estudiarán propiedades ópticas, como la absorción, propagación y excitación de luz en función de la relación entre la polarización de la luz y la orientación cristalina de algunos semiconductores.
Se revisarán los diseños propuestos basados en óxidos fuertemente anisótropos para aplicaciones en visión artificial.

Bibliografía:

Liu, Z. et al. Versatile on-chip polarization-sensitive detection system for optical communication and artificial vision. Light Sci Appl 14, 68 (2025).
S.Ke, et al. In Situ Selenized Back-to-Back WSe2/W/Ge Dual Schottky Heterojunction for Broadband High-Speed Polarization-Encoded Communication. Laser & Photonics Reviews,20, no. 6 (2026): e02106.
Z.Wang, et al, Polarization-Sensitive Artificial Optoelectronic Synapse Based on Anisotropic β-Ga2O3 Single Crystal for Neuromorphic Vision Systems and Information Encryption. Adv. Optical Mater.2024, 12, 2401256.

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2026-27

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales
Título:	Materiales para sensores cuánticos
Title:	Materials for quantum sensing
Tutor/es:	Ana Cremades Rodriguez
E-mail tutor/es:	anaiscre@ucm.es
Número de plazas:	2
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

Los sensores cuánticos se basan en el uso de un sistema cuántico, una propiedad o un fenómeno cuántico para realizar una medida de una cantidad física. Los objetivos de este TFG son:
- Explorar los criterios que debe cumplir un sistema material para que se comporte como un sensor cuántico.
- Explorar los distintos tipos de sensores cuánticos propuestos hasta la fecha.

Una de las plazas desarrollará sensores de campo magnético y la otra sensores de otras propiedades como las relacionadas con campos eléctricos, tiempo o temperatura.

Metodología:

El estudiante revisará la bibliografía en este campo, muy en tendencia, para identificar las plataformas actuales basadas en estado sólido con potencial como sensores cuánticos.

En particular, se estudiarán los centros (defectos/impurezas) en sólidos que pueden dar lugar a qubits, tomando como ejemplo paradigmático el centro vacante-nitrógeno en el diamante.
Se hará una revisión de los modos de crear los defectos y de las propiedades de los estados y niveles electrónicos asociados a los mismos.

Bibliografía:

C. L. Degen "Quantum sensing" Review of Modern Physics, 89, 035002 (2017).
G. Wolfowicz et al. "Quantum guidelines for solid-state spin defects" Nature Reviews Materials, 6, 906-925 (2021).

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2026-27

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales
Título:	Tecnologías cuánticas basadas en semiconductores
Title:	Quantum technologies based on semiconductors
Tutor/es:	Emilio Nogales Díaz, Ruth Martínez Casado
E-mail tutor/es:	enogales@ucm.es, mariarum@ucm.es
Número de plazas:	1
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

Las tecnologías cuánticas están permitiendo desarrollar áreas que van desde las comunicaciones seguras hasta la detección y la computación de alta precisión. Uno de sus elementos clave son los emisores cuánticos de estado sólido: fuentes de luz localizadas en materiales matriz que hacen posible la generación de fotones individuales, la interferencia cuántica y el acoplamiento entre espín y fotón.
Los objetivos de este trabajo son:
- Entender qué propiedades de los sólidos son necesarias para su aplicación en tecnologías cuánticas.
- Analizar el caso concreto de semiconductores para su uso como emisores de fotón único, así como las funciones que pueden desarrollar en dispositivos cuánticos.
- Analizar formas de alterar y optimizar sus características, por ejemplo mediante su inclusión en cavidades ópticas.

Metodología:

Se abordará el análisis de estas tecnologías desde varias perspectivas: 1) un primer bloque en el que se analizará y discutirá la bibliografía sobre el tema, 2) realización de simulaciones de defectos en semiconductores que pueden cumplir las condiciones para actuar como emisores cuánticos, 3) análisis de las propiedades de emisión de luz de centros emisores incluidos en cavidades ópticas. Se contempla la posibilidad de realizar experimentos de microscopía y espectroscopía de luminiscencia en el laboratorio del grupo “Física de nanomateriales electrónicos” del Departamento.

Bibliografía:

- Engineering Quantum Light: Emitters, Photonic Structures, and On-Chip Integration, A. Zalogina et al. Laser & Photonics Reviews 20, no. 5 (2026): e02309. https://doi.org/10.1002/lpor.202502309

- Room-temperature single-photon emission from β-Ga2O3, Y. Shi et al., Nature Commun. 17, 247 (2026)

- Large-scale optical characterization of solid-state quantum emitters, M. Sutula et al. Nature Materials 22, 1338 (2023)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2026-27

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales
Título:	Efectos cuánticos macroscópicos: Espintrónica y superconductividad
Title:	Macroscopic Quantum effects: Superconductivity and spintronics
Tutor/es:	David Sánchez Manzano
E-mail tutor/es:	davidsan@ucm.es
Número de plazas:	1
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

La espintrónica superconductora es un área emergente que fusiona el transporte de corriente sin resistencia (disipación nula) de los superconductores con el control de los grados de libertad del espín del electrón propio de la espintrónica. Su meta principal es sentar las bases para una nueva generación de dispositivos cuánticos y memorias ultrarrápidas con un consumo energético prácticamente nulo. Los objetivos de este TFG son:

1) Revisión del estado del arte: Estudio de las bases de la espintrónica superconductora. Busqueda bibliográfica de en que punto está el campo en la actualidad.

2) Aprender a usar sistemas de crecimiento de materiales como sputteringCrecimiento de muestras ferromagneticas y superconductoras por pulverización catódica (sputtering) y por deposicion por láser pulsado (PLD, pulsed laser deposition)

3) Aprender a realizar medidas electricas y magnéticas de baja temperatura en criostatos de helio de ciclo cerrado (de 300K a 2K)

4) Aprender a analizar y representar los datos obtenidos.

Metodología:

1) Crecimiento de láminas delgadas de YBa2Cu3O7 (óxido superconductor y La0.7Sr0.3MnO3 (óxido ferromagnetico) por sputtering y PLD

2) Caracterización estructural por rayos X

3) Contactos sobre las laminas delgadas y medida de la resistencia y magnetorresistencia en función de la temperatura.

Bibliografía:

[1] David Sanchez-Manzano et al, Extremely long-range, high-temperature Josephson coupling across a half-metallic ferromagnet. Nature Materials 21, 188 – 194 (2022).

[2] David Sánchez-Manzano et al, Long-range superconducting proximity effect in YBa2Cu3O7/La0.7Ca0.3MnO3 weak-link arrays. Appl. Phys. Lett. 124, 222603 (2024)

[3] David Sánchez-Manzano et al, Size-Dependence and High Temperature Stability of Radial Vortex Magnetic Textures Imprinted by Superconductor Stray Fields. ACS Appl. Mater. Interfaces 2024, 16, 15, 19681 – 19690 (2024)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2026-27

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales
Título:	Inestabilidades dinámicas de superfluidos dirigidos
Title:	Dynamical instabilities of driven superfluids
Tutor/es:	Charles Creffield
E-mail tutor/es:	c.creffield@fis.ucm.es
Número de plazas:	1
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

Los condensados de Bose-Einstein en redes ópticas son buenos candidatos para servir como simuladores cuánticos. Una técnica llamada "ingeniería de Floquet" permite manipular las propiedades de un sistema variando un parámetro periódicamente en el tiempo a alta frecuencia. Sin embargo, esto hace que el sistema se caliente, produciendo inestabilidades dinámicas. El alumno estudiará primero el fenómeno de la condensación de Bose-Einstein y cómo se pueden describir sus inestabilidades utilizando las ecuaciones de Bogoliubov-de Gennes (BdG). Luego estudiará cómo se puede tratar el caso en que el sistema depende del tiempo para determinar los regímenes de parámetros en el que se minimiza el calentamiento.

Metodología:

Inicialmente analizará una extensa bibliografía sobre el método de Floquet y la obtención de las ecuaciones de BdG. Realizará cálculos analíticos, primero para el caso estático y luego para el caso dependiente del tiempo. Finalmente, utilizando MatLab o software similar, tratará el caso de un sistema dirigido periódicamente en el tiempo con el objetivo de evaluar numéricamente las regiones de inestabilidad dinámica.

Bibliografía:

C.J. Pethick and H. Smith, “Bose–Einstein Condensation in Dilute Gases” (Cambridge University Press, 2011).

S. Lellouch, M. Bukov, E. Demler, and N. Goldman, “Parametric Instability Rates in Periodically Driven Band Systems”, Phys. Rev. X 7, 021015 (2017).

A. Di Carli et al., "Instabilities of interacting matter waves in optical lattices with Floquet driving", Phys. Rev. Res. 5, 033024 (2023).

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2026-27

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales
Título:	Hidrodinámica electrónica en sistemas bidimensionales
Title:	Electronic hydrodynamics in 2D systems
Tutor/es:	Elena Díaz García, Francisco Domínguez-Adame Acosta
E-mail tutor/es:	elenadg@ucm.es, adame@ucm.es
Número de plazas:	1
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

El flujo viscoso de electrones en materiales bidimensionales da a lugar a muchos efectos exóticos, como la conducción superbalística o la formación de flujos electrónicos en forma de remolino.
La existencia de este tipo de flujo viene marcada fundamentalmente por las escalas espaciales asociadas a los eventos de scattering elástico (colisiones entre electrones) e inelástico
(colisiones con defectos y fonones). Además la interacción con los bordes del sistema también resulta crucial, de manera que un diseño geométrico apropiado puede dar lugar a una
optimización de la respuesta eléctrica del dispositivo. En este trabajo se realizará un amplio estudio bibliográfico sobre hidrodinámica electrónica, incidiendo en las similitudes y
diferencias con la hidrodinámica de fluidos tradicional. Se estudiará la metodología para la resolución de la respuesta eléctrica de dispositivos bidimensionales sencillos a través de
la ecuación de Navier-Stokes y la ecuación de Boltzman. Se intentará resolver algún sistema en el que la relevancia de la geometría del sistema quede patente.

Metodología:

Inicialmente se analizará una amplia bibliografía sobre hidrodinámica electrónica, así como sobre los modelos basados en la ecuación de Boltzman y de Navier-Stokes para
el estudio de transporte en sistemas de baja dimensionalidad. Se utilizará Matlab, u otro software similar, para simular algún dispositivo sencillo a través de la ecuación de Navier-Stokes.
Usando el mismo software se realizarán figuras que representen la resistencia, la caída de potencial y la corriente en el dispositivo para intentar reproducir alguno de los resultados exóticos
como la conducción superbalística. En el caso de que el estudiante avance adecuadamente se plantearía que él mismo escribiera su propio código de programación.

Bibliografía:

[1] Polini, M. & Geim, A. K. Viscous electron fluids. Phys. Today 73, 28 (2020).
[2] Narozhny, B. N. Hydrodynamic approach to two-dimensional electron systems. Riv. Nuovo Cimento 45, 1 (2022).
[3] Fritz, L. & Scaffidi, T. Hydrodynamic electronic transport. Annual Review of Condensed Matter Physics 15, 17–44 (2024).
[4] Varnavides, G., Yacoby, A., Felser, C. & Narang, P. Charge transport and hydrodynamics in materials. Nat. Rev. Mater. 8, 726 (2023).

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2026-27

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales
Título:	Propiedades de magneto-transporte en sistemas electrónicos complejos
Title:	Magnetotransport properties of complex electronic systems
Tutor/es:	Flavio Bruno, Norbert Nemes
E-mail tutor/es:	fybruno@ucm.es, nmnemes@fis.ucm.es
Número de plazas:	1
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

Este trabajo de laboratorio tiene como objetivo familiarizar al estudiante con las técnicas experimentales de magnetotransporte a temperatura variable utilizando un sistema PPMS (Physical Property Measurement System). Se emplearán medidas de resistividad, efecto Hall y magnetorresistencia para caracterizar parámetros electrónicos clave en sistemas complejos como gases de electrones bidimensionales en $KTaO_3$ y óxidos correlacionados como $LaNiO_3$. Además, se iniciará al estudiante en el uso de medidas de respuesta lineal (R^{ω}) y de segundo armónico ($R^{2\omega}$) en función del campo magnético para evaluar la influencia de la estructura de bandas y la interacción espín-órbita en el transporte electrónico.

Metodología:

El estudiante utilizará muestras de películas delgadas de $LaNiO_3$ y gases de electrones bidimensionales estabilizados en $KTaO_3$, crecidas en los laboratorios de la facultad. Será responsable del montaje de las muestras en el sistema PPMS (configuración Hall bar, contactos de cuatro puntas), de la creación de los protocolos de medida (barridos en temperatura y campo magnético, medidas de resistividad, efecto Hall y respuesta de segundo armónico) y del análisis de datos para extraer los parámetros electrónicos.

Bibliografía:

1- "Synthesis and in-depth interfacial characterization of 2D electron gases formed in Si3N4/Al//KTaO3 heterostructures" Applied Surface Science, 689, 162499 (2025)
2- "Electronic transport properties and stability of 2D electron gases on Si3N4/AlOx//KTaO3 heterostructures" Journal of Applied Physics 138, 165301 (2025)
3- "Non Resiprocal Transport in KTaO3 based interface superconductors with parity mixing" Physical Review Letters 134, 236303 (2025)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2026-27

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales
Título:	Desarrollo de sensores inalámbricos basados en la respuesta armónica de microhilos magnéticos amorfos en el rango de kHz
Title:	Development of wireless sensors based on the harmonic response of amorphous magnetic microwires in the kHz range
Tutor/es:	Daniel Matatagui, Pilar Marín
E-mail tutor/es:	daniel.m.c@ucm.es, mpmarin@ucm.es
Número de plazas:	1
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

Analizar la dinámica de las paredes de dominio: Estudiar cómo el desplazamiento y la velocidad de las paredes de dominio en microhilos amorfos afectan a la generación de armónicos de alta frecuencia bajo excitación en el rango de los kHz.

Caracterizar la dependencia térmica o mecánica: Estudiar cómo la temperatura o el estado de tensión (deformación) alteran la configuración de los dominios magnéticos, modificando la firma armónica del material.

Desarrollar un modelo de detección inalámbrica: Implementar un sistema de captación remota que correlacione la variación en la amplitud y fase de los armónicos con cambios en las variables físicas externas.

Optimizar el procesado de señal en tiempo real: Diseñar una etapa de filtrado y análisis espectral para discriminar cambios sutiles en la respuesta magnética inducidos por el entorno del sensor.

Metodología:

Configuración Experimental: Montaje de un sistema de bobinas (excitación/detección) y uso de instrumentación electrónica para la adquisición de la señal.

Ensayos de Laboratorio: Aplicación controlada de gradientes de temperatura cargas mecánicas para observar el desplazamiento de los picos armónicos.

Análisis Computacional: Tratamiento de las señales mediante técnicas de análisis para extraer la información de los armónicos de orden superior.

Bibliografía:

C. Herrero-Gómez, A. M. Aragón, M. Hernando-Rydings, P. Marín, A. Hernando; Stress and field contactless sensor based on the scattering of electromagnetic waves by a single ferromagnetic microwire. Appl. Phys. Lett. 1 September 2014; 105 (9): 092405.

Alexander Chizhik, Arcady Zhukov, Julian Gonzalez, Andrzej Stupakiewicz, Basic study of magnetic microwires for sensor applications: Variety of magnetic structures, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, Volume 422, 2017, Pages 299-303.

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2026-27

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales
Título:	Estudio de la magnetoimpedancia y el magnetotransporte en microhilos ferromagnéticos
Title:	Study of Magnetoimpedance and Magnetotransport in Ferromagnetic Microwires
Tutor/es:	Pilar Marín Palacios, Javier Tornos Castillo
E-mail tutor/es:	mpmarin@ucm.es, jtornosc@ucm.es
Número de plazas:	1
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

-Analizar la magnetoimpedancia (MI) de microhilos magnétiicos en función del campo magnético aplicado y de la corriente eléctrica.
-Estudiar la magnetorresistencia (MR) y su posible dependencia con la dirección de la corriente (corriente positiva y negativa).
-Estudiar si la corriente eléctrica, produce cambios medibles en la respuesta magnética del sistema.
-Comparar los resultados obtenidos en microhilos de distintas composiciones de aleaciones Fe/Co. Establecer una relación cualitativa entre la respuesta en magnetoimpedancia y magnetorresistencia.

Metodología:

El trabajo se desarrollará mediante medidas experimentales en microhilos ferromagnéticos, empleando técnicas de transporte eléctrico convencional y detección inalámbrica de microondas electromagnéticas mediante un analizador vectorial de redes (VNA). Las medidas se realizarán en función de un campo magnético externo, variando tanto el valor como el sentido de la corriente aplicada, con el objetivo de detectar posibles asimetrías asociadas al campo magnético generado por la corriente eléctrica.

Bibliografía:

-A. Hernando, P. Marin. Scattering of electromagnetic waves by metallic microwires. In Magnetic Nano-and Microwires (pp. 847-901). Woodhead Publishing. 2026
-T. Óvári, et al. Magnetoresistance effect in soft magnetic amorphous microwires. Journal of Applied Physics, 107(9). 2010
-D. Archilla, et al (2021). Boosting the tunable microwave scattering signature of sensing array platforms consisting of amorphous ferromagnetic Fe2. 25Co72. 75Si10B15. Nanomaterials, 11(4), 920.

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2026-27

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales
Título:	Fabricación de nanohilos antiferromagnéticos
Title:	Synthesis of antiferromagnetic nanowires
Tutor/es:	Lucas Pérez García
E-mail tutor/es:	lucas.perez@ucm.es
Número de plazas:	1
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

Los nanohilos ferromagnéticos presentan en la actualidad numerosas aplicaciones en campos tan diversos como las tecnologías de la información y las comunicaciones, la energía verde o la biomedicina. Los nanohilos antiferromagnéticos, mucho menos estudiados, permiten ampliar el rango de estas aplicaciones.

El objetivo del trabajo es doble:
1.- Desde el punto de vista experimental, se sintetizarán nanohilos antiferromagnéticos y se estudiarán sus propiedades estructurales y magnéticas.
2.- Desde el punto de vista formativo, se adquirirán conocimientos de nanofabricación avanzada y de caracterización de nanomateriales.

Metodología:

La metodología experimental constará de cuatro etapas:
.- Preparación de las plantillas nanoporosas, tanto membranas comerciales de policarbonato como membranas de alúmina que se prepararán en el laboratorio.
.- Fabricación de nanohilos por electrodeposición. Se explorarán distintos materiales (maghemita, FeMn y GdFe).
.- Caracterización estructural de los materiales obtenidos mediante técnicas de microscopía electrónica y de difracción de rayos X.
.- Caracterización magnética mediante magnetometría SQUID. Dependiendo de los resultados obtenidos, se enviará alguna muestra para su caracterización por microscopía de rayos X al sincrotrón ALBA y se analizarán los resultados obtenidos.

Bibliografía:

C. Fernández-González, S. Ruiz-Gómez, A. Arché-Núñez, L. Pérez y C.T. de Sousa. Nano-patterning using ultra-thin alumina membranes. Materials Today Nano 29, 100553 (2025).

S. Ruiz-Gómez, C. Fernández-González y L. Perez. Electrodeposition as a Tool for Nanostructuring Magnetic Materials. Micromachines 13, 1223 (2022).

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2026-27

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales
Título:	Estudio ab initio de la estructura atómica y electrónica de nuevos materiales 2D
Title:	Ab initio study of the atomic and electronic structure on new 2D materials
Tutor/es:	César González
E-mail tutor/es:	cesar.gonzalez@ucm.es
Número de plazas:	2
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

Desde el descubrimiento del grafeno, se han ido descubriendo y sintetizando nuevos materiales bidimensionales (2D). De entre toda esta gran variedad de materiales destacan los dicalcogenuros de metales de transición (MX2), donde el material más representativo es el MoS2 que presenta algunas similitudes estructurales con el grafeno pero completamente diferente en su estructura electrónica. Mientras el grafeno tiene unas fantásticas propiedades conductoras, el MoS2 es un semiconductor de gap directo en su versión 2D. Explorar las propiedades estructurales y electrónicas de este tipo de materiales es fundamental para poder usarlos en aplicaciones diferentes.
En los últimos tiempos han surgido nuevos materiales como borofeno [1], fosforeno [2] o boruro de molibdeno [3] con atractivas propiedades que necesitan ser estudiadas y comprendidas teóricamente en profundidad mediante el uso de metodologías cuánticas.
Por tanto, se aprenderá a manejar la teoría del funcional de la densidad (DFT) para analizar la estructura atómica y electrónica de alguno de estos materiales exóticos en su versión ideal y tras la inclusión de diferentes defectos (vacantes, estructuras anómalas, fronteras de grano, contaminantes...).
Cada estudiante analizará un material diferente. El primer TFG estudiará el fosforeno y el segundo TFG estudiará el borofeno.

Metodología:

Se harán simulaciones computacionales basadas en la metodología DFT usando el código FIREBALL [4]. Se aprenderá a simular un material paso a paso, buscando primeramente el parámetro de red para obtener la estructura atómica con las condiciones computacionales más adecuadas. Se aprenderá a calcular la densidad de estados del material para determinar sus propiedades electrónicas. Se aprenderá el concepto de supercelda donde se implementen los defectos.

Bibliografía:

[1] G. Tai, et al ACS Appl. Mater. Interfaces **13** 60987 -94 (2021)

[2] V. Chaudhary, et al, 2D Mater. **9** 032001 (2022)

[3] X. Wang, G. Tai, Z. Wu, T. Hu and R. Wang J. Mater. Chem. A **5** 23471 (2017)

[4] J. P. Lewis et al, Phys. Status Solidi B, 248: 1989-2007 (2011)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2026-27

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales
Título:	Películas delgadas magnéticas
Title:	Magnetic thin films
Tutor/es:	Rocío Ranchal Sánchez
E-mail tutor/es:	rociran@ucm.es
Número de plazas:	2
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

El objetivo general de este TFG es explorar el magnetismo de la materia, y aquellos fenómenos que aparecen cuando la dimensionalidad del sistema se reduce a lo que conocemos como películas delgadas. De acuerdo a los intereses del/de la estudiante que elija este TFG, se realizará un estudio solo bibliográfico o se ampliará con trabajo experimental. Una plaza de este TFG estudiará el fenómeno de magnetotransporte, mientras que la otra plaza se enfocará en el análisis de películas magnetoelásticas.

Metodología:

Se propone un estudio básico bibliográfico, pero con posibilidad de ampliarlo con trabajo experimental si así se decide por parte del/de la estudiante. Como complemento experimental se propone la fabricación de películas delgadas mediante sputtering y/o electrodeposición. La caracterización se realizará mediante difracción de rayos-X, efecto Kerr magneto-óptico y/o magnetotransporte. En caso de que no sea posible, o que no sea la opción preferente del estudiante, se realizará una revisión bibliográfica de la temática elegida.

Bibliografía:

- B. D. Cullity, C. D. Graham. Introduction to Magnetic Materials. Cambridge University Press (2008).
-Artículos científicos relacionados con la temática. Adv. Elec. Mater. 11 (2025) 2400607; J. Mater. Chem. C 13 (2025) 5287; APL Mater. 12 (2025) 021112; J. Mater. Chem. C 12 (2024) 10104; Sci. Rep. 11 (2023) 13429.

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2026-27

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales
Título:	Óxidos de alta entropía para la fabricación de sensores
Title:	High-entropy oxides for sensor fabrication
Tutor/es:	Ana Urbieta
E-mail tutor/es:	anaur@ucm.es
Número de plazas:	1
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

El trabajo se centra en el estudio de los Óxidos de Alta Entropía (HEOs), una clase emergente de materiales cerámicos estabilizados por una configuración de entropía elevada en lugar de por enlaces químicos convencionales. El objetivo principal es evaluar cómo su excepcional estabilidad térmica y la versatilidad de sus propiedades electrónicas pueden revolucionar la fabricación de sensores avanzados (químicos, de gas o de temperatura). El estudiante revisará el estado del arte de este campo científico y explorará las posibilidades que presentan estos materiales para superar las limitaciones de sensibilidad y durabilidad de los óxidos tradicionales.

Metodología:

El trabajo comenzará realizando una revisión bibliográfica del uso de los óxidos de alta entropía en diversas aplicaciones, haciendo hincapié en su interés como materiales para la fabricación de sensores. Se explorará la posibilidad de obtener este tipo de estructuras haciendo uso de las técnicas disponibles en el laboratorio. Finalmente, dependiendo del transcurso del trabajo, se realizará algún experimento de síntesis de una de las composiciones que resulten más atractivas.

Bibliografía:

J. Zou, L. Tang, W. He, X. Zhang ACS Nano 2024, 18, 51, 34492 -34530

X. Gu, X.B. Guo, W.H. Li, Y.P. Jiang, Q.X. Liu, X.G. Tang ACS Appl. Mater. Interfaces 2024, 16, 40, 53372 -53392

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2026-27

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales
Título:	Transferencia determinista de materiales 2D
Title:	Deterministic transfer of 2D materials
Tutor/es:	Víctor Rouco Gómez, David Sánchez Manzano
E-mail tutor/es:	vrouco@ucm.es, davidsan@ucm.es
Número de plazas:	1
Asignación de TFG:	Asignación por expediente

Objetivos:

Desde el hito del "ángulo mágico" en el grafeno, la Twistrónica se ha convertido en una de las áreas más vibrantes de la física de la materia condensada.
Este TFG no es solo una introducción teórica, sino una inmersión en un laboratorio de vanguardia.

Los objetivos principales serán:
1) Dominar la "alquimia" de los materiales 2D: aprender a obtener capas atómicamente delgadas mediante exfoliación, entendiendo la física de los enlaces que las mantienen unidas.
2) Transferencia Determinista: familiarización en el ensamblaje de heteroestructuras, utilizando técnicas de micromanipulación de alta precisión para apilar diferentes materiales con control total.
3) Capacitación: adquirir las competencias técnicas propias de los laboratorios de nanofabricación, manejando materiales que están redefiniendo la electrónica actual.

Metodología:

Fase 1: Comenzaremos en el corazón del laboratorio de lámina delgada. Utilizaremos la técnica de ablación láser (PLD), una de las metodologías más potentes y versátiles de la física de superficies.
Fase 2: Obtención de láminas 2D (exfoliación y aislamiento) y aprendizaje de las técnicas de litografía.

El reto será realizar la transferencia de precisión sobre sustratos de Silicio, integrando diferentes capas para crear heteroestructuras listas para su caracterización física.

Bibliografía:

- G. Sanchez-Santolino, V. Rouco et al. Nature 626, 529 (2024)
- A. Castellanos et al. 2D Materials 1, 011002 (2014)
- K.L. Haley et al. Nanofacturing 1, 49 (2021)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2026-27

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales
Título:	Análisis automatizado de imágenes de microscopía STEM
Title:	Automatized analysis for STEM microscopy images
Tutor/es:	Juan Ignacio Beltrán Fínez
E-mail tutor/es:	juanbelt@ucm.es
Número de plazas:	2
Asignación de TFG:	Asignación por expediente

Objetivos:

El ámbito de la inteligencia artificial (IA) es más amplio que nunca llegando a cada una de las áreas de la ciencia [1] y vida cotidiana. En la física de los materiales, la necesidad de un análisis automatizado de una ingente cantidad de datos adquiridos mediante técnicas de microscopía de transmisión de electrones con resolución atómica(STEM) ha acelerado el uso de técnicas en IA, como las redes neuronales, para la predicción de propiedades de materiales [2]. Se propone el uso de tales redes para:
*Generación automatizada del mapa químico de imágenes STEM.
*Verificar la correcta predicción estructural y de elementos químicos mediente funciones de evaluación.
*Establecer la capacidad predictiva e incertidumbres del modelo mediante el estudio de la influencia del ruido y número de imágenes, modificaciones de parámetros en la estructura del modelo... etc.

No se necesitan conocimientos previos de programación, los cuales podrán ser suplidos/complementados por interacción con algún chat de inteligencia artificial.

Metodología:

Se usará el programa de distribución libre Atomai [3,4] que dispone de una gran cantidad de herramientas de IA como “segmentación semántica”, “detector de defectos” y otros módulos en lenguaje Python para generar un estudio con redes neuronales de imágenes, adquiridas mediante técnicas de microscopía de transmisión de electrones con resolución atómica.

Se mejorará el análisis de algún aspecto técnico de las redes neuronales como: 1) Identificación del mapa químico, 2) Métricas de evaluación del entrenamiento, 3) Predicción en nuevas imágenes.

Bibliografía:

[1] Y. LeCun et al. Nature 521, 436 (2015)
[2] A. Ghosh et al. Materials 8, 74 (2022)
[3] M. Ziatdinov et al. Nat Mach Intell 4, 1101-1112 (2022)
[4] https://atomai.readthedocs.io/en/latest/examples.html

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2026-27

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales
Título:	Fabricación y caracterización de una pared de dominio magnética en LSMO
Title:	Fabrication and characterization of a magnetic domain wall in LSMO
Tutor/es:	Fabián Andrés Cuéllar Jiménez
E-mail tutor/es:	facuella@ucm.es
Número de plazas:	1
Asignación de TFG:	Asignación por expediente

Objetivos:

Nanofabricar dispositivos basados en cruces de La0.7Sr0.3MnO3 por métodos de nanolitografía y caracterizar el comportamiento magnético y de transporte eléctrico de los dispositivos obtenidos.

Metodología:

Crecimiento de una película ultradelgada de La0.7Sr0.3MnO3 por pulverización catódica, nanofabricación por Litografía electrónica, caracterización magnética de la pared por MFM y caracterización de magnetotransporte en baja temperatura utilizando un criostato de ciclo cerrado.

Bibliografía:

DOI: 10.1002/adma.202211176: Large Magnetoresistance of Isolated Domain Walls in LSMO nanowires

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2026-27

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales
Título:	Dinámica excitónica en materiales bidimensionales
Title:	Exciton dynamics in two-dimensional materials
Tutor/es:	Francisco Domínguez-Adame Acosta, Pedro Luis Alcázar Ruano
E-mail tutor/es:	adame@ucm.es, pedrolua@ucm.es
Número de plazas:	1
Asignación de TFG:	Asignación por expediente

Objetivos:

Familiarizar al alumno con las técnicas de estudio en física teórica de la materia condensada, en relación con la dinámica de los excitones en materiales bidimensionales, como los dicalcogenuros de metales de transición. El objetivo último del trabajo es comprender la disociación de excitones debido al campo eléctrico intenso que aparece cerca de los contactos metálicos de fototransistores de materiales bidimensionales.

Metodología:

En una primera fase se proporcionará la bibliografía necesaria para profundizar en las características generales de los materiales bidimensionales y, en particular, de los dicalcogenuros de metales de transición. Posteriormente, partiendo de resultados previos [1], se analizará el efecto de un campo eléctrico intenso sobre la dinámica de los excitones en estos materiales. Se hará hincapié en las propiedades espectrales (densidad local de estados y absorción óptica en régimen lineal), con la finalidad de caracterizar los estados excitónicos.

Bibliografía:

[1] Dissociation of one-dimensional excitons by static electric field. A. García, A. López, J. Quereda y F. Domínguez-Adame. Physical Review B 112, 235131 (2025).

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2026-27

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales
Título:	Superconductores topológicos bajo campos eléctricos alternos
Title:	Topological superconductors subject to time-harmonic electric fields
Tutor/es:	Francisco Domínguez-Adame Acosta, Dunkan Martínez Camacho
E-mail tutor/es:	adame@ucm.es, dunmar01@ucm.es
Número de plazas:	1
Asignación de TFG:	Asignación por expediente

Objetivos:

El principal objetivo de este trabajo de fin de grado es familiarizar al/ a la alumno/a con el estudio actual en física teórica de la materia condensada, en relación con los superconductores topológicos. De esta manera, aprenderá los fundamentos de los distintos modelos empleados hoy día para describir los estados electrónicos de estos materiales, como por ejemplo la aparición de fermiones de Majorana en materiales híbridos superconductor/semiconductor. Se prestará especial atención a la respuesta de los materiales híbridos a campos eléctricos externos dependientes armónicamente del tiempo, con el objetivo de analizar su efecto sobre los fermiones de Majorana.

Metodología:

En una primera fase se proporcionará la bibliografía necesaria para profundizar en las características generales de los materiales En una primera fase del trabajo, el/la alumno/a accederá la bibliografía que se le proporcione, y que necesaria para profundizar en las características generales de los superconductores topólogicos [1] y en la física de los estados electrónicos de los materiales bajo campos alternos [2]. Posteriormente se analizará el impacto de los campos alternos en los modos de Majorana a energía cero, empleando para ello la cadena de Kitaev [3]. Se planteará al/ a la alumno/a que reproduzca algunos cálculos disponibles en la literatura para mejorar su comprensión de los fenómenos físicos estudiados. Más adelante, se le propondrá abordar problemas similares para que demuestre las habilidades adquiridas hasta el momento.

La estrategia metodológica a seguir para realizar los cálculos de comprobación será similar a la empleada en la Ref. [4] para resolver problemas similares en cadenas de Su–Schrieffer–Heeger. Los resultados del cálculo numérico realizado mediante la diagonalización directa del Hamiltoniano se compararán con los obtenidos mediante algunas aproximaciones analíticas previamente desarrolladas en el grupo.

Bibliografía:

[1] B. A. Bernevig, Topological insulators and topological superconductors (Princeton University Press, 2013).
[2] T. Oka y S. Kitamura, Floquet engineering of quantum materials, Annual Review of Condensed Matter Physics 10, 387 (2019).
[3] H. Pan and S. Das Sarma, Disorder effects on Majorana zero modes: Kitaev chain versus semiconductor nanowire, Physical Review B 103, 224505 (2021).
[4] A. Gómez-León y G. Platero, Floquet-Bloch theory and topology in periodically driven lattices, Physical Review Letters 110, 200403 (2013).