



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de Materiales
TÍTULO:	Nanomagnetismo en sistemas tridimensionales
TITLE:	Three-dimensional nanomagnetism
SUPERVISOR/ES:	Lucas Pérez García
NÚMERO DE PLAZAS:	2
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

- Entender, a partir de los conocimientos de Física del Estado Sólido, la física relacionada con el magnetismo en la nanoescala.
- Conocer el estado de la investigación actual en algún aspecto particular del nanomagnetismo en sistemas 3D (crecimiento, física, aplicaciones...).

METODOLOGÍA:

Desde hace unos años, las nanoestructuras magnéticas están revolucionando distintos aspectos de la vida diaria (almacenamiento de información, nanosensores, nanomedicina...). Hasta la fecha, la mayor parte del trabajo se ha realizado con estructuras planares bidimensionales pero, en los últimos años, el nanomagnetismo se está expandiendo hacia la tercera dimensión, donde es posible encontrar nuevas configuraciones magnéticas con propiedades físicas emergentes.

Para la realización de este trabajo será necesario, inicialmente, extender los conocimientos de magnetismo estudiados en Física del Estado Sólido al análisis de nanosistemas. Posteriormente, se plantean posibles aproximaciones entre las que el o la estudiante deberá elegir al menos una:

- Técnicas de fabricación de sistemas magnéticos tridimensionales
- Nuevas texturas de espín asociadas a la curvatura
- Dinámica de imanación en nanoobjetos cilíndricos
- Aplicaciones del nanomagnetismo tridimensional

BIBLIOGRAFÍA:

- J. M. D. Coey. Magnetism and Magnetic Materials. Cambridge University Press.
- A. Fernández-Pacheco et al. Three dimensional nanomagnetism. Nat. Commun. 8 (2017) 15756.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de Materiales	
TÍTULO:	Microscopía magnética con rayos X	
TITLE:	X-ray magnetic microscopy	
SUPERVISOR/ES:	Lucas Pérez García	
NÚMERO DE PLAZAS:	2	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

- Entender la física asociada a la microscopía de rayos X.
- Describir algún experimento reciente de medida de texturas de spin y dominios magnéticos en nanosistemas.
-

METODOLOGÍA:

La microscopía de rayos X es una de las herramientas más potentes para el análisis de estructuras magnéticas con resolución vectorial (análisis en tres dimensiones). Para entender su principio básico de funcionamiento es necesario revisar algunos conceptos básicos de Física Cuántica y de Física del Estado Sólido, además de profundizar en algunos conocimientos de óptica de electrones y rayos X.

Posteriormente, el trabajo continuará con una revisión en profundidad de alguna de las técnicas de microscopía (tomografía de transmisión, microscopía X-PEEM...).

Finalmente, se realizará un trabajo práctico que consistirá en la obtención de estructuras de spin tridimensionales de sistemas nanométricos a partir de imágenes reales tomadas en el sincrotrón ALBA. Para ello, se utilizará el software libre ImageJ.

BIBLIOGRAFÍA:

- J. M. D. Coey. Magnetism and Magnetic Materials. Cambridge University Press.
- C. Donnelly y V. Scagnoli. Imaging three-dimensional magnetic systems with X-rays. J. Phys. Cond. Matter. 32 (2020) 213001 (disponible en arXiv:1909.08956)



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de Materiales
TÍTULO:	Microcavidades ópticas sintonizables en micro- y nanohilos
TITLE:	Tunable optical microcavities in micro- and nanowires
SUPERVISOR/ES:	Emilio Nogales
NÚMERO DE PLAZAS:	1
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa X Selección por expediente

OBJETIVOS:

- Entender la física de las microcavidades ópticas y su aplicación a dispositivos emisores de luz sintonizable.
- Analizar mediante simulaciones basadas en *FDTD* (*finite-difference time-domain*) microcavidades ópticas fabricadas a partir de micro- y nanoestructuras alargadas.

METODOLOGÍA: En la primera parte se busca comprender los fundamentos de las microcavidades ópticas, elementos clave en muchos dispositivos fotónicos, a través de la bibliografía. Dichas microcavidades se pueden fabricar, por ejemplo, mediante cristales fotónicos o cavidades DBR (*distributed-Bragg-reflector*) y tienen aplicaciones como las fuentes de luz con longitud de onda sintonizable, nanoláseres, memorias cuánticas, filtros ópticos, interruptores ópticos activos o biosensores. En este trabajo interesará principalmente la extensión de esta idea a micro- y nanohilos de óxidos semiconductores emisores de luz.

En la segunda parte, se definirán con *software* comercial de simulación *FDTD* los parámetros de microcavidades basadas en DBRs en nano- y microhilos, buscando la optimización de sus características en diferentes rangos del espectro visible-ultravioleta. No son necesarios conocimientos de programación. Se contempla la posibilidad de comparar los resultados de simulación con datos experimentales obtenidos en laboratorio mediante espectro-microscopía de luminiscencia.

BIBLIOGRAFÍA:

- *Optoelectronics and photonics: Principles and practices*, S.O. Kasap, Pearson (2001)
- "Widely tunable distributed Bragg reflectors integrated into nanowire waveguides" A. Fu et al. *Nano Letters* 15, 6909 (2015)
- "Modal Analysis of β -Ga₂O₃:Cr Widely Tunable Luminescent Optical Microcavities", M. Alonso-Orts, E. Nogales et al. *Physical Review Applied* 9, 064004 (2018)



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de Materiales
TÍTULO:	Técnicas avanzadas de microscopía a escala atómica aplicadas al estudio de nuevos materiales
TITLE:	Advanced microscopy techniques applied to cutting-edge material systems
SUPERVISOR/ES:	María Varela del Arco
NÚMERO DE PLAZAS:	1
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

El objetivo principal de este trabajo es explorar el estado del arte en que se encuentran actualmente diversas técnicas de microscopía y espectroscopía electrónicas con resolución atómica, 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 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



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	FISICA DE MATERIALES	
TÍTULO:	Efecto Hall anómalo en heteroestructuras de óxidos: medidas de magnetotransporte	
TITLE:	Anomalous Hall Effect in oxide heterostructures: magneto- transport measurements	
SUPERVISOR/ES:	Javier Tornos Castillo	
NÚMERO DE PLAZAS:	1	
ASIGNACIÓN DE TFG:	<input checked="" type="checkbox"/> Selección directa	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

Estudio del efecto Hall anómalo mediante medidas de magnetotransporte en heteroestructuras de óxidos magnéticos y con interacción espin-órbita fuerte.

METODOLOGÍA:

Crecimiento de películas delgadas de óxidos por técnica de pulverización (sputtering).

Medidas de magnetorresistencia y efecto Hall.

Análisis y discusión de los resultados experimentales.

BIBLIOGRAFÍA:

[1] Emergent magnetism and anomalous Hall effect in iridate-manganite heterostructure. Nature Comm. 7, 12721, (2016).

[2] Emergent Topological Hall effect in $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3/\text{SrIrO}_3$ heterostructures. ACS Appl Mater. Interfaces, 11, 21268-21274 (2019)



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de Materiales
TÍTULO:	Sistemas magnéticamente frustrados: hielo de espín
TITLE:	Magnetically frustrated systems: spin ice
SUPERVISOR/ES:	Patricia de la Presa
NÚMERO DE PLAZAS:	1
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

Los hielos de espín (spin ice) consisten en nanoimanes dispuestos en redes periódicas o aperiódicas que no poseen un mínimo de energía estable y ofrecen una oportunidad incomparable para el estudio de la frustración magnética tanto a nivel experimental como teórico [1]. En este tema, el desarrollo teórico ha ido por delante del experimental, y actualmente se conocen algunos materiales con estructura pirocloro que presentan características de hielo de espín [2].

En este trabajo se propone una revisión sobre materiales que presenten propiedades de hielos de espín.

METODOLOGÍA:

La metodología se basará en la búsqueda bibliográfica sobre materiales que presenten propiedades de hielo de espín y técnicas actuales de caracterización.

BIBLIOGRAFÍA:

[1] "Advances in artificial spin ice" SH Skjærvø, CH Marrows, RL Stamps, LJ Heyderman, Nature Reviews Physics 2, 13–28(2020)

[2] "Spin Ice State in Frustrated Magnetic Pyrochlore Materials" ST Bramwell, MJP Gingras, Science 294, 1495-1501 (2001)



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de Materiales
TÍTULO:	Skyrmiones magnéticos
TITLE:	Magnetic Skyrmions
SUPERVISOR/ES:	María Varela del Arco
NÚMERO DE PLAZAS:	1
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

El objetivo principal de este trabajo es explorar aspectos teóricos y/o experimentales de la física de skyrmiones magnéticos en física del estado sólido. Los skyrmiones magnéticos son vórtices magnéticos nanoscópicos, texturas de espín que aparecen en sistemas con acoplo espín-órbita donde el momento magnético desarrolla un “remolino” topológico estable gracias a interacciones como la de Dzyaloshinskii–Moriya. Gracias a su gran estabilidad y también movilidad se han considerado para el desarrollo de aplicaciones punteras en espintrónica tales como dispositivos de almacenamiento y procesamiento de información de ultra-alta densidad.

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:

“Skyrmions in Magnetic Materials”, Sichinoro Seki & Masahito Mochizuki. Springer (2016).

“Magnetic Skyrmions: advances in Physics and potential applications” Albert Fert, Nicolas Reyren & Vincent Cross, *Nature Reviews Materials*, **2**, 17031 (2017).

“Topology in Magnetism” Editado por Jiadong Zang, Vincent Cros, Axel Hoffmann, Springer (2018).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de Materiales
TÍTULO:	Superconductividad
TITLE:	Superconductivity
SUPERVISOR/ES:	María Varela del Arco
NÚMERO DE PLAZAS:	3
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

El objetivo principal de este trabajo es explorar aspectos teóricos y/o experimentales de la física y/o la fenomenología asociada con la superconductividad, ya sea convencional o no. Sistemas de interés a revisar pueden incluir superconductores de alta temperatura, superconductividad interfacial, películas delgadas o fenomenología asociada con vórtices magnéticos.

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:

“Introduction to superconductivity”. Michael Tinkham. McGraw-Hill, 1996.

“Unconventional superconductivity”. James F. Annett, Contemporary Physics, 36, 423-437 (1995)



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de Materiales	
TÍTULO:	Nanocomposites híbridos zeolitas/óxidos metálicos para aplicaciones medioambientales	
TITLE:	Hybrid nanocomposites zeolite/metallic oxides for environmental applications	
SUPERVISOR/ES:	Ana Irene Urbieto Quiroga	
NÚMERO DE PLAZAS:	1	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

Las nano- y microestructuras de óxidos metálicos han demostrado ser unas excelentes candidatas para su utilización en algunas aplicaciones medioambientales como la fotocatalisis o el sensado de gases. La posibilidad de combinar estos materiales con zeolitas abre la posibilidad de construir nanocomposites con prestaciones mejoradas. El objetivo de este trabajo es revisar el estado del arte de este campo científico, así como explorar la posible realización de experimentos de caracterización de este tipo de estructuras en el laboratorio.

METODOLOGÍA:

El trabajo comenzará realizando una revisión bibliográfica del uso de estos nanocomposites en las aplicaciones mencionadas, haciendo hincapié en los óxidos metálicos que mejores perspectivas presentan. A continuación, se realizarán experimentos para la caracterización morfológica, composicional, estructural y de las propiedades luminiscentes de algunos nanocomposites disponibles en el laboratorio. Finalmente, dependiendo del transcurso del trabajo, se realizará algún experimento de sensado de gases.

BIBLIOGRAFÍA:

K. Sahner, G. Hagen, D. Schönauer, S. Reis, R. Moos. Solid State Ionics 179 (2008) 2416-2423
H. Tedla, I. Díaz, T. Kebede and A. M. Tadesse. J. Environ. Chem. Eng. 3 (2015) 1586-1591



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de Materiales	
TÍTULO:	Dopado de nano- y microestructuras de ZnO para aplicaciones medioambientales	
TITLE:	Doping of ZnO nano- and microstructures for environmental applications	
SUPERVISOR/ES:	Ana Urbieto	
NÚMERO DE PLAZAS:	1	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

Las nano- y microestructuras de ZnO han demostrado ser unas excelentes candidatas para su utilización en algunas aplicaciones medioambientales como la fotocatalisis o el sensado de gases. El dopado con tierras raras o metales de transición puede mejorar fuertemente dichas características. El objetivo de este trabajo 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 utilizando alguno de los dopantes que presentan mejores perspectivas de éxito según la literatura.

METODOLOGÍA:

El trabajo comenzará realizando una revisión bibliográfica del uso de las estructuras de ZnO en las aplicaciones mencionadas, haciendo hincapié en los procesos de crecimiento y dopantes más adecuados para tal fin. A continuación, 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 crecimiento y caracterización de dichas estructuras.

BIBLIOGRAFÍA:

L. Zhung, W. Zeng, Sens. Actuators A 267 (2017) 242-261
K. Qi, B. Cheng, J. Yu, W. Ho, J. Alloys Compd. 727 (2017) 792-820



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de Materiales
TÍTULO:	Composites papel/ZnO para la electrónica flexible
TITLE:	Composites paper/ZnO for flexible electronics
SUPERVISOR/ES:	Ana Urbieto
NÚMERO DE PLAZAS:	1
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

Los materiales inteligentes se pueden utilizar en multitud de aplicaciones que incluyen por ejemplo el sensado de gases o el almacenamiento de energía. Dentro de esta familia de materiales, los basados en papel presentan la ventaja de ser baratos, amables con el medioambiente y, además, pueden producirse industrialmente a gran escala. El objetivo de este trabajo será estudiar la inclusión de nanoestructuras de ZnO en papel, utilizando las buenas propiedades que presenta este óxido como sensor de gases y material fotoactivo para la fabricación de nuevos dispositivos electrónicos flexibles.

METODOLOGÍA:

El trabajo comenzará realizando una revisión bibliográfica del estado del arte de la producción y utilización de materiales compuestos de papel/semiconductor. A continuación, se explorará el trabajo se centrará en los requerimientos necesarios para la inclusión del ZnO en dicha matriz. Finalmente, dependiendo del transcurso del trabajo, se realizará algún experimento de sensado de gases en dichas estructuras compuestas.

BIBLIOGRAFÍA:

M. Sandberg, D. Tordera, H. Granberg, A. Sawatdee, D. Dedic, M. Berggren and M. P. Jonsson, Flex. Print. Electron 1 (2016) 044003
A. Kumar, H. Gullapalli, K. Balakrishnan, A. Botello-Mendez, R. Vajtai, M. Terrones, P. M. Ajayan, Small 7 (2011) 2173



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de Materiales	
TÍTULO:	Texturas de espín topológicas: Hielos de espín	
TITLE:	Topological spin textures: Spin Ices	
SUPERVISOR/ES:	Álvaro Muñoz Noval y Elvira M. González	
NÚMERO DE PLAZAS:	1	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

Que el alumno realice un estudio introductorio en los hielos de espín, qué son, estudiar las distintas formas en las que se obtienen y las propiedades magnéticas más importantes y que relación tienen con sus propiedades topológicas

METODOLOGÍA:

Proponemos que el trabajo se base en una revisión bibliográfica supervisada por los tutores. Éstos propondrán algunas referencias bibliográficas sobre las que el alumno debe profundizar. En función de la disponibilidad de tiempo y motivación del alumno se podrán fabricar y/o caracterizar algún sistema sencillo de hielo de espín.

BIBLIOGRAFÍA:

1. SH. Skjaervo, CH. Marrows, RL. Stamps & LJ. Heyderman Advances in artificial spin ice. Nature Reviews Physics volume 2, (2020) 13–28.
2. Physics of Ferromagnetism. S. Chikazumi, C. D. Graham. Oxford (1997).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de Materiales	
TÍTULO:	Interacciones entre un material Superconductor tipo II y un ferromagnético	
TITLE:	Interactions between a Type II Superconductor and a Ferromagnet	
SUPERVISOR/ES:	Álvaro Muñoz Noval y Elvira M. González	
NÚMERO DE PLAZAS:	2	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

Una revisión bibliográfica introductoria a los distintos fenómenos que emergen de la interacción entre un material ferromagnético y uno superconductor de tipo II. En función de la disponibilidad de tiempo y la motivación del alumno se hará una introducción a las técnicas de fabricación y caracterización que permiten obtener y estudiar nanodispositivos híbridos SC/FM.

METODOLOGÍA:

Proponemos que el trabajo se base en una revisión bibliográfica supervisada por los tutores. Éstos propondrán algunas referencias bibliográficas sobre las que el alumno debe profundizar. En función de la disponibilidad de tiempo y motivación del alumno se hará una introducción a las técnicas experimentales que permiten fabricar y caracterizar nanodispositivos.

BIBLIOGRAFÍA:

1. Introduction to Superconductivity, 2nd Edition. M. Tinkham. Dover Publications Inc. (1996).
2. Physics of Ferromagnetism. S. Chikazumi, C. D. Graham. Oxford (1997).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de Materiales	
TÍTULO:	Transiciones de fase resistivas y magnéticas en óxidos funcionales: óxidos de hierro y de vanadio	
TITLE:	Resistive and Magnetic phase transitions in Functional Oxides: Iron and Vanadium Oxides	
SUPERVISOR/ES:	Óscar Rodríguez de la Fuente y Álvaro Muñoz Noval	
NÚMERO DE PLAZAS:	2	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

Que el alumno realice un estudio introductorio y guiado a algunas de las familias de óxidos funcionales más estudiados: qué se entiende por funcionalidad, qué se conoce de la relación entre estructura y propiedades magnéticas y de transporte, algunas de las principales técnicas de crecimiento y caracterización y un repaso al estado del arte en lo que se refiere a aplicaciones.

METODOLOGÍA:

Proponemos que el trabajo se base en una revisión bibliográfica supervisada por los tutores. Éstos propondrán algunas referencias bibliográficas sobre las que el alumno debe profundizar. En función de la disponibilidad de tiempo y motivación del alumno se podrán fabricar, modificar y/o caracterizar muestras de óxidos en lámina delgada.

BIBLIOGRAFÍA:

1. Challenges in materials and devices for resistive-switching-based neuromorphic computing, J del Valle, JG Ramírez, MJ Rozenberg, IK Schuller, Journal of Applied Physics 124 (21), 211101
2. Iron oxide surfaces, GS Parkinson, Surface Science Reports 71 (1), 272-365



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de materiales	
TÍTULO:	Espectroscopia de electrones con pérdida de energía. El análisis elemental.	
TITLE:	Electron energy loss spectroscopy: elemental analysis	
SUPERVISOR/ES:	Nevenko Biskup	
NÚMERO DE PLAZAS:	1	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa x	Selección por expediente

OBJETIVOS:

Determinar la composición elemental del compuesto analizado en microscopio electrónico de transmisión. Determinar el estado electrónico de dicho compuesto. Analizar los cambios de red cristalina en la vecindad de defectos.

METODOLOGÍA:

El análisis de datos de espectroscopia EELS obtenidos en microscopio electrónico de transmisión con resolución atómica. Los datos se analizarán con el software Gatan Micrograph, especializado en microscopía electrónica.

BIBLIOGRAFÍA:

1. Atomic-resolution studies of epitaxial strain release mechanisms in $\text{La}_{1.85}\text{Sr}_{0.15}\text{CuO}_4/\text{La}_{0.67}\text{Ca}_{0.33}\text{MnO}_3$ superlattices.”
N. Biškup et al. Phys. Rev. B **91**, 205132 (2015).
2. “Insulating ferromagnetic $\text{LaCoO}_{3-\delta}$ films: a phase induced by ordering of oxygen vacancies.”
N. Biškup et al. Phys. Rev. Lett. **112**, 087202 (2014).
3. “Transmission electron microscopy”, David B. Williams and C. Berry Carter



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de Materiales	
TÍTULO:	Materiales para la Electrónica de Óxidos	
TITLE:	Oxide Electronics Materials	
SUPERVISOR/ES:	Flavio Bruno	
NÚMERO DE PLAZAS:	1	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

Entender el proceso de formación, la estructura electrónica y las propiedades de transporte electrónico de un sistema de electrones bidimensional estabilizado en la superficie de diversos óxidos.

METODOLOGÍA:

El trabajo consistirá en 2 partes diferenciadas:

- 1.- Revisión bibliográfica guiada por el supervisor en la que el estudiante deberá comprender la estructura electrónica y el proceso de formación de un sistema bidimensional de electrones en diversos óxidos.
- 2.- En función del interés del alumno se podrá profundizar en las aplicaciones en dispositivos del sistema de electrones bidimensional, o bien realizar medidas básicas de caracterización de las propiedades de transporte electrónico de tal sistema.

BIBLIOGRAFÍA:

- 1.- ARPES Studies of Two-Dimensional Electron Gases at Transition Metal Oxide Surfaces. (<https://arxiv.org/abs/1612.03571>)
- 2.- Universal fabrication of 2D electron systems in functional oxides, *Advanced Materials*, **28**, 1976 (2016) (<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/adma.201505021>)
- 3.-A New Spin for Oxide Interfaces, *Nature Physics* **14**, 322 (2018)



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de Materiales
TÍTULO:	Visualización directa de campos electromagnéticos en materiales con resolución atómica
TITLE:	Direct imaging of electromagnetic field structures in materials with atomic resolution
SUPERVISOR/ES:	Gabriel Sánchez Santolino
NÚMERO DE PLAZAS:	1
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

- Conocer los conceptos básicos de microscopía electrónica de transmisión.
- Entrar en contacto con nuevas técnicas de caracterización para el estudio de campos eléctricos y magnéticos en materiales con resolución atómica.

METODOLOGÍA:

La metodología a emplear se discutirá entre supervisor y estudiante y podrá consistir en aspectos como:

- Estudio bibliográfico de los conceptos básicos en microscopía electrónica de transmisión, métodos de imagen y técnicas de caracterización de campos electromagnéticos en materiales.
- Caracterización experimental de campos electromagnéticos en materiales de relevancia tecnológica.
- Análisis computacional de datos para la extracción e interpretación de resultados físicos relevantes.

BIBLIOGRAFÍA:

- "Transmission electron microscopy", C. Barry Carter & David B. Williams, Springer, 2016. ISBN 978-3-319-26649-7.
- "Direct Visualization of Local Electromagnetic Field Structures by Scanning Transmission Electron Microscopy", Shibata, N. *et al. Accounts of Chemical Research* **50**, 1502–1512, 2017.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de Materiales
TÍTULO:	Nano-dispositivos de tipo Unión Túnel para aplicaciones en Espintrónica
TITLE:	Magnetic Tunnel Junctions for Spintronics applications
SUPERVISOR/ES:	Miguel Romera
NÚMERO DE PLAZAS:	2
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS: La Espintrónica es una tecnología emergente que explota tanto la carga de los electrones como su espín. Su estudio ha dado lugar al descubrimiento de nuevos fenómenos y dispositivos que permiten, por ejemplo, *leer* configuraciones magnéticas sin utilizar bobinas de detección (mediante el efecto de magnetorresistencia), o *manipular* la imanación de un nano-imán sin aplicar campo magnético (mediante el efecto de transferencia de espín). Los dispositivos de Espintrónica juegan un papel clave en la industria de cabezas lectoras y memorias magnéticas, y se han propuesto como unidades básicas en aplicaciones emergentes de gran relevancia como la Computación Neuromórfica.

El objetivo de este TFG es explorar los conceptos básicos del campo de la Espintrónica: corrientes polarizadas de espín en materiales ferromagnéticos, magnetorresistencia túnel y efecto de transferencia de espín. Además, se conocerán algunas de las principales aplicaciones de los efectos y nano-dispositivos estudiados.

METODOLOGÍA:

El carácter del trabajo podrá incluir estudio bibliográfico, desarrollo de facetas experimentales o teóricas, y/o profundización en las aplicaciones de los efectos y nano-dispositivos estudiados.

Los aspectos específicos se discutirán y decidirán entre supervisor y estudiante.

BIBLIOGRAFÍA:

1- "*Magnetoresistance and spin electronics*", A. Barthélémy et al., *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* 242-245, **68-76** (2002).
[https://doi.org/10.1016/S0304-8853\(01\)01193-3](https://doi.org/10.1016/S0304-8853(01)01193-3)



2- "Spin-polarized current induced switching in Co/Cu/Co pillars", J. Grollier et al. *Applied Physics Letters* **78**, 3663 (2001). <https://doi.org/10.1063/1.1374230>

3- "Giant Magnetoresistance of (001)Fe/(001)Cr Magnetic Superlattices", M.N. Baibich et al. *Physical Review Letters* 2472, **61** (1988).

DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.61.2472>



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Departamento de Física de Materiales	
TÍTULO:	Compuestos de óxidos de niobio para baterías y supercondensadores	
TITLE:	Niobium oxide compounds for batteries and supercapacitors	
SUPERVISOR/ES:	Belén Sotillo Buzarra	
NÚMERO DE PLAZAS:	1	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

Estudiar las propiedades que hacen interesantes a óxidos de niobio en aplicaciones de almacenamiento de energía. Revisar el principio de funcionamiento de baterías y supercondensadores. Comprender la relación entre la estructura cristalina y propiedades de los óxidos de niobio, para analizar su aplicabilidad en baterías y supercondensadores.

METODOLOGÍA:

La metodología del trabajo se dividirá en tres partes:

- 1.- Revisión bibliográfica para comprender el funcionamiento de baterías y supercondensadores.
- 1.- Revisión bibliográfica sobre el uso de óxidos de niobio en baterías y supercondensadores. Estado del arte.
- 2.- Si el desarrollo del trabajo lo permite, se podrá realizar alguna medida experimental de caracterización de materiales en el laboratorio del grupo de "Física de Nanomateriales electrónicos".

BIBLIOGRAFÍA:

- Deng, Q., Fu, Y., Zhu, C., & Yu, Y. (2019). Niobium-based oxides toward advanced electrochemical energy storage: recent advances and challenges. *Small*, 15(32), 1804884.
- Augustyn, V., Come, J., Lowe, M. A., Kim, J. W., Taberna, P. L., Tolbert, S. H., ... & Dunn, B. (2013). High-rate electrochemical energy storage through Li+ intercalation pseudocapacitance. *Nature materials*, 12(6), 518-522.



- Rani, R. A., Zoolfakar, A. S., O'Mullane, A. P., Austin, M. W., & Kalantar-Zadeh, K. (2014). Thin films and nanostructures of niobium pentoxide: fundamental properties, synthesis methods and applications. *Journal of Materials Chemistry A*, 2(38), 15683-15703.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Departamento de Física de Materiales	
TÍTULO:	Óxidos de tántalo para aplicaciones dieléctricas	
TITLE:	Tantalum oxide for dielectric applications	
SUPERVISOR/ES:	Belén Sotillo Buzarra	
NÚMERO DE PLAZAS:	1	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

El pentóxido de tántalo (Ta_2O_5) es un material de alta constante dieléctrica. Esto lo hace interesante para diversas aplicaciones tecnológicas: condensadores, láminas aislantes en dispositivos electrónicos, materiales resistentes a la corrosión, recubrimientos anti reflectantes, sensores, circuitos ópticos integrados... En este trabajo se propone estudiar las propiedades físicas del óxido de tántalo y comprender por qué son útiles en las aplicaciones citadas anteriormente.

METODOLOGÍA:

La metodología del trabajo se dividirá en dos partes:

- 1.- Revisión bibliográfica del tema y estado del arte.
- 2.- Si el desarrollo del trabajo lo permite, se podrá realizar alguna medida experimental de caracterización de materiales en el laboratorio del grupo de "Física de Nanomateriales electrónicos".

BIBLIOGRAFÍA:

- Chaneliere, C., Autran, J. L., Devine, R. A. B., & Balland, B. (1998). Tantalum pentoxide (Ta_2O_5) thin films for advanced dielectric applications. *Materials Science and Engineering: R: Reports*, 22(6), 269-322.
- Freeman, Y. (2018). Tantalum and Niobium-Based Capacitors. *Springer: Manhattan, NY, USA*.
- Splitthoff, L., Wolff, M. A., Grottke, T., & Schuck, C. (2020). Tantalum pentoxide nanophotonic circuits for integrated quantum technology. *Optics Express*, 28(8), 11921-11932.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de Materiales	
TÍTULO:	Nuevas técnicas de imagen y detectores de nueva generación para microscopia electrónica de barrido	
TITLE:	New imaging techniques and new generation detectors for scanning electron microscopy	
SUPERVISOR/ES:	Javier Bartolomé Vílchez	
NÚMERO DE PLAZAS:	1	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa X	Selección por expediente

OBJETIVOS:

Familiarizarse con algunas de las nuevas técnicas de imagen y análisis de muestras dentro del campo de la microscopia electrónica de barrido, así como los detectores de nueva generación que las han hecho posibles. Entender a nivel general el fundamento físico que sustenta dichas técnicas y la información que pueden ofrecer dentro del campo de la física de materiales, incluyendo ejemplos prácticos.

METODOLOGÍA:

El trabajo consistirá en una revisión bibliográfica de los avances realizados en los últimos años de las técnicas de imagen de microscopia electrónica de barrido (SEM), así como las posibilidades que éstas ofrecen para el estudio de los materiales. En particular se hará énfasis en:

- Técnicas de microscopía de bajo voltaje con **detectores de electrones secundarios intralente** (“in-lens”).
- **Detectores angulares e intracolumna** (“in-column”) de electrones retrodispersados.
- **Filtrado de energías** tanto de electrones secundarios como retrodispersados.
- **Modo de transmisión** en SEM y técnicas asociadas.

BIBLIOGRAFÍA:

- M. Drab, y col. “The New Methodology and Chemical Contrast Observation by Use of the Energy-Selective Back-Scattered Electron Detector” *Microsc. Microanal.* **22**, 1369–1373, (2016).
- V. Kochat, y col. “High contrast imaging and thickness determination of graphene with in-column secondary electron microscopy” *J. Appl. Phys.* **110**, 014315 (2011).
- B. W. Caplins, y col. “Orientation mapping of graphene in a scanning electron microscope” *Carbon* **149**, 400-406 (2019).
- I. Konvalina, y col. “In-Lens Band-Pass Filter for Secondary Electrons in Ultrahigh Resolution SEM” *Materials* **12**, 2307 (2019).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	FÍSICA DE MATERIALES	
TÍTULO:	Estudio de polimorfos de óxidos de hierro (III)	
TITLE:	Study of iron oxide (III) polymorphs	
SUPERVISOR/ES:	Noemí Carmona	
NÚMERO DE PLAZAS:	1	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

El objetivo principal de este trabajo fin de grado se centra en la exploración de nuevas fases metaestables del Fe_2O_3 que solamente existen en tamaño nanométrico.

METODOLOGÍA:

El TFG comenzará con una actualización bibliográfica. La exploración de nuevas fases metaestables de Fe_2O_3 que solamente existen en tamaño nanométrico podría ser crucial en la obtención de materiales multifuncionales con gran aplicación tecnológica. Posteriormente se diseñarán y prepararán varias muestras mediante sol-gel. Se realizará una caracterización general para correlacionar sus propiedades estructurales, ópticas y magnéticas. Finalmente, se realizará una valoración de los resultados comparándolos con los de la bibliografía.

BIBLIOGRAFÍA:

- 1) López-Sánchez, J., Muñoz-Noval, A., Serrano, A., Abuín, M., De La Figuera, J., Marco, J.F., Pérez, L., Carmona, N., Rodríguez De La Fuente, O. Growth, structure and magnetism of $\epsilon\text{-Fe}_2\text{O}_3$ in nanoparticle form. RSC Advances 6 (52) (2016) 46380-46387.
- 2) López-Sánchez, J., Serrano, A., Del Campo, A., Abuín, M., Rodríguez De La Fuente, O., Carmona, N. Sol-gel synthesis and micro-raman characterization of $\epsilon\text{-Fe}_2\text{O}_3$ micro- and nanoparticles. Chemistry of Materials 28 (2) (2016) 511-518.
- 3) López-Sánchez, J., Muñoz-Noval, A., Castellano, C., Serrano, A., Del Campo, A., Cabero, M., Varela, M., Abuin, M., De La Figuera, J., Marco, J.F., Castro, G.R., Rodríguez De La Fuente, O., Carmona, N. Origin of the magnetic transition at 100 K in $\epsilon\text{-Fe}_2\text{O}_3$ nanoparticles studied by x-ray absorption fine structure spectroscopy. Journal of Physics Condensed Matter 29 (48) (2017) art. no. 485701.
- 4) López-Sánchez, J., Serrano, A., Del Campo, A., Abuín, M., Salas-Colera, E., Muñoz-Noval, A., Castro, G.R., De La Figuera, J., Marco, J.F., Marín, P., Carmona, N., Rodríguez De La Fuente, O. Self-assembly of iron oxide precursor micelles driven by magnetic stirring time in sol-gel coatings. RSC Advances 9 (31) (2019) 17571-17580.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	FÍSICA DE MATERIALES	
TÍTULO:	Interacción plasmónica de nanopartículas metálicas de Au y Ag	
TITLE:	Plasmonic interaction of Au and Ag metal nanoparticles	
SUPERVISOR/ES:	Noemí Carmona	
NÚMERO DE PLAZAS:	1	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

El objetivo principal de este trabajo fin de grado se centra en la exploración de la interacción plasmónica de nanopartículas de Au/Ag.

METODOLOGÍA:

En este trabajo fin de grado se estudiará la respuesta plasmónica de nanopartículas metálicas Au/Ag para su utilización en aplicaciones como filtros de color, sensores o aplicaciones SERS. Para ello se prepararán varias nanoestructuras con diversas morfologías y se establecerá una correlación entre los parámetros de crecimiento y las propiedades físicas del sistema.

BIBLIOGRAFÍA:

- 1) K. A. Willets, A. J. Wilson, V. Sundaresan, P. B. Joshi. Super-Resolution Imaging and Plasmonics. Chem. Rev. 117 (2017) 7538–7582.
- 2) C. Hong Hwang, M. Ahn, Y. Lee, T. Chung, K. Jeong. Ag/Au Alloyed Nanoislands for Wafer-Level plasmonic Color Filter Arrays. Scientific Reports 9 (2019) 9082.
- 3) A. Serrano, J. Rubio-Zuazo, J. López-Sánchez, E. Enríquez, E. Salas-Cólera, G. R. Castro. Nanostructured Au(111)/Oxide Epitaxial Heterostructures with Tailoring Plasmonic Response by a One-Step Strategy. J. Phys. Chem. C 123 (41) (2019) 25294–25302.
- 4) A. Serrano, O. Llorca-Hernando, A. Del Campo, F. Rubio-Marcos, O. Rodríguez de La Fuente, J.F. Fernández, M.A. García. Ag-AgO nanostructures on glass substrates by solid-state dewetting: From extended to localized surface plasmons. Journal of Applied Physics 124 (13) (2018) art. no. 133103.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de Materiales	
TÍTULO:	Recubrimientos con propiedades anfifóbicas	
TITLE:	Amphiphobic coatings	
SUPERVISOR/ES:	Óscar Rodríguez y Noemí Carmona	
NÚMERO DE PLAZAS:	1	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

Este trabajo de fin de grado se centra en el estudio de materiales multifuncionales con propiedades oleo- e hidrofóbicas.

METODOLOGÍA:

El TFG comenzará con una revisión bibliográfica; Posteriormente se diseñarán y prepararán varias superficies nano- y micro-estructuradas que presenten poca afinidad a las moléculas de agua y a disolventes orgánicos; Se realizará una caracterización general de las superficies, centrándose en las medidas de ángulo de contacto y energía superficial. Finalmente, se realizará una valoración final de los resultados comparándolos con los de la bibliografía.

BIBLIOGRAFÍA:

- 1) F. Veronesi, G. Boveri, M. Raimondo, Amphiphobic Nanostructured Coatings for Industrial Applications, *Materials* 12(5) (2019) 787, DOI: 10.3390/ma12050787.
- 2) Y.-C. Sheen, Y.-C. Huang, C.-S. Liao, H.-Y. Chou, F.-C. Chang, New approach to fabricate an extremely super-amphiphobic surface based on fluorinated silica nanoparticles, *Journal of Polymer Science, Part B: Polymer Physics* 46(18) (2008) 1984-1990.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-2021

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de Materiales
TÍTULO:	Materiales para aplicaciones biomédicas
TITLE:	Materials for biomedical applications
SUPERVISOR/ES:	Paloma Fernández Sánchez
NÚMERO DE PLAZAS:	1
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

El objetivo de este trabajo es realizar una revisión bibliográfica sobre las perspectivas actuales de los materiales para usos en aplicaciones biomédicas.

METODOLOGÍA:

Se realizará un análisis de las necesidades, desde el punto de vista de los materiales, en las principales aplicaciones actuales: prótesis, ingeniería tisular, diagnosis y teragnosis poco invasiva...

Se completará el estudio con un análisis de las tendencias en el campo a partir de los proyectos del programa H2020

BIBLIOGRAFÍA:

Langer and Tirrell, NATURE | VOL 428 | 1 APRIL 2004

Scholz et al, Composites Science and Technology 71 (2011) 1791–1803



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-2021

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de Materiales
TÍTULO:	Materiales ferrofluidos
TITLE:	Ferrofluids
SUPERVISOR/ES:	Paloma Fernández Sánchez
NÚMERO DE PLAZAS:	1
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

El objetivo de este trabajo es realizar una revisión bibliográfica sobre las perspectivas actuales de los ferrofluidos y sus posibles aplicaciones.

METODOLOGÍA:

Se realizará una revisión sobre el estado del conocimiento de las propiedades de los materiales ferrofluidos.

Se revisarán los avances desde el punto de vista de las aplicaciones de estos materiales.

Se completará el estudio con un análisis de las tendencias en el campo a partir de los proyectos del programa H2020

BIBLIOGRAFÍA:

Recent progress in ferrofluids research: novel applications of magnetically controllable and tunable fluids, I. Torres-Díaz and C. Rinaldi, *Soft Matter* Vol 43 (2014)

Synthesis and rheology of ferrofluids: a review, S. Genc and B. Derin, *Current Opinion in Chemical Engineering* Vol3, (2014) 118-124

Damping applications of ferrofluids: a review, H. Chuan et al, *Journal of Magnetism* Vol 22 (2017) 109-121



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de Materiales	
TÍTULO:	Materiales bidimensionales de tipo semi-Dirac	
TITLE:	Two-dimensional semi-Dirac materials	
SUPERVISOR/ES:	Francisco Domínguez-Adame Acosta	
NÚMERO DE PLAZAS:	1	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa X	Selección por expediente

OBJETIVOS: Las nanoestructuras de TiO_2/VO_2 presentan bandas de energía bidimensionales que son cuadráticas (no relativista) en el momento en una dirección y lineales (relativista) en la otra [1]. El objetivo de este trabajo es introducir al estudiante en la física teórica de la materia condensada, para lo cual tendrá que adquirir conocimientos básicos de materiales topológicos. En particular, el estudio se centrará en el análisis de la dispersión (*scattering*) de electrones de baja energía debida a la presencia de defectos puntuales en estos materiales.

METODOLOGÍA: En una primera fase del estudio se deben alcanzar los conocimientos recomendados para desarrollar el trabajo, para lo cual se proporcionará el material bibliográfico adecuado. Posteriormente, el alumno deberá obtener los estados electrónicos del sistema ordenado. En la última fase, se considerará el efecto de los defectos puntuales sobre los estados electrónicos de baja energía. La interacción de los electrones con los defectos se describirá mediante un potencial de contacto y se empleará la aproximación del potencial coherente (CPA, por su acepción inglesa) para calcular la matriz de Green promedio. Esta matriz permitirá calcular la respuesta óptica de los electrones [2].

BIBLIOGRAFÍA:

- [1] V. Pardo and W. E. Pickett. *Half-metallic semi-Dirac-point generated by quantum confinement in TiO_2/VO_2 nanostructures*. Phys. Rev. Lett. **102** (2009) 166803.
- [2] J. P. Carbotte, K. R. Bryenton and E. J. Nicol. *Optical properties of a semi-Dirac material*. Phys. Rev. B **99** (2019) 115406.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de Materiales	
TÍTULO:	Estados de borde topológicos en materiales ferromagnéticos sobre grafeno	
TITLE:	Topological edge states in ferromagnetic materials on top of graphene	
SUPERVISOR/ES:	Francisco Domínguez-Adame Acosta	
NÚMERO DE PLAZAS:	1	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente

OBJETIVOS: Las heteroestructuras de aislantes ferromagnéticos sobre grafeno presentan la posibilidad de inducir topología no trivial en la estructura de bandas [1,2]. Atendiendo a la correspondencia volumen-frontera, es de esperar que al construir fronteras topológicas con heteroestructuras de distinto índice topológico aparezcan estados de borde localizados. El objetivo de este trabajo es introducir al estudiante en la física teórica de la materia condensada, para lo cual tendrá que adquirir conocimientos básicos de materiales topológicos. En particular, el estudio se centrará en determinar teóricamente los aislantes ferromagnéticos óptimos para la aparición de los estados de borde topológicos anteriormente mencionados.

METODOLOGÍA: En una primera fase se deben alcanzar los conocimientos recomendados para desarrollar el trabajo. Posteriormente, el alumno obtendrá los estados electrónicos del sistema, siguiendo un método similar al propuesto en la referencia [3], y relacionar los resultados con el cambio en el número de Chern al cruzar la frontera. En una última etapa se abordará el estudio de los efectos del desorden sobre las propiedades de transporte de los electrones localizados en la intercara.

BIBLIOGRAFÍA:

- [1] S. Su, Y. Barlas, J. Li, J. Shi and R. K. Lake. *Effect of intervalley interaction on band topology of commensurate graphene/EuO heterostructures*. Phys. Rev. B **95** (2017) 075418.
- [2] A. Hallal, F. Ibrahim, H. Yang, S. Roche and M. Chshiev. *Tailoring magnetic insulator proximity effects in graphene: first-principles calculations*. 2D Mater. **4** (2017) 024074.
- [3] A. Díaz-Fernández, L. Chico, J. W. González y F. Domínguez-Adame. *Tuning the Fermi velocity in Dirac materials with an electric field*. Sci. Rep. **7** (2017) 8058.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de Materiales	
TÍTULO:	Fermiones de Majorana acoplados a anillos cuánticos	
TITLE:	Majorana fermions coupled to quantum rings	
SUPERVISOR/ES:	Francisco Domínguez-Adame Acosta	
NÚMERO DE PLAZAS:	1	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS: Familiarizar al alumno con las técnicas de investigación en física teórica de la materia condensada, en relación con los fermiones de Majorana [1]. Explorar el estado del arte de la investigación actual en este ámbito. El trabajo previsto pretende entender cómo afecta la interacción de Rashba en un anillo cuántico cuando éste se acopla a fermiones de Majorana.

METODOLOGÍA: La metodología será la habitual en el campo. Se partirá de resultados previos [2], donde se estudian los fermiones de Majorana en un superconductor topológico acoplado a un anillo cuántico. La novedad del trabajo propuesto reside en el análisis del efecto del acoplamiento espín-órbita de tipo Rashba presente en el anillo. Para este estudio se empleará el formalismo de la función de Green, que posibilitan el cálculo de las corrientes persistentes de una manera eficiente y sin un alto coste computacional.

BIBLIOGRAFÍA:

[1] C. W. J. Beenakker. *Search for Majorana Fermions in Superconductors*. Annu. Rev. Condens. Matter Phys. **4** (2013) 113.

[2] F. G. Medina, J. P. Ramos-Andrade, L. Rosales and P. A. Orellana. *Fingerprints of Majorana bound states in quantum-rings*. [arXiv:1910.03680](https://arxiv.org/abs/1910.03680).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de Materiales
TÍTULO:	Nanomateriales magnéticos funcionales
TITLE:	Functional magnetic nanomaterials
SUPERVISOR/ES:	Rocío Ranchal Sánchez
NÚMERO DE PLAZAS:	3
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

El objetivo de este TFG es explorar las aplicaciones actuales en las que de manera usual se utilizan materiales magnéticos en forma nanométrica, y como estas aplicaciones se pueden alcanzar gracias a un diseño y fabricación controlados.

METODOLOGÍA:

El trabajo comenzará con una revisión bibliográfica sobre nanomateriales magnéticos, y se explorarán los usos más extendidos en la actualidad. En una segunda etapa se pasará a un estudio más detallado que podría centrarse en: i) magnetoelectricidad, ii) magnetostricción, iii) control de paredes de dominio. Cada uno de estos tipos de sistemas dará lugar a un TFG diferente. La metodología es principalmente la búsqueda bibliográfica, y además de las referencias de carácter más general, será necesario buscar y consultar artículos científicos adicionales. Sin embargo, a la vista de los resultados intermedios, y de acuerdo a lo dispuesto por las autoridades sanitarias, se podrá desarrollar algún trabajo experimental relacionado con este estudio si así se considera oportuno.

BIBLIOGRAFÍA:

- Introduction to Magnetic Materials, 2nd Edition. B. D. Cullity, C. D. Graham. Cambridge University Press (2008).
- Physics of Ferromagnetism. S. Chikazumi, C. D. Graham. Oxford (1997).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de Materiales
TÍTULO:	Técnicas de caracterización para nanomateriales magnéticos
TITLE:	Characterization techniques for magnetic nanomaterials
SUPERVISOR/ES:	Rocío Ranchal Sánchez
NÚMERO DE PLAZAS:	1
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

El objetivo de este TFG es obtener un conocimiento sobre técnicas de caracterización para materiales magnéticos con una reducida dimensionalidad.

METODOLOGÍA:

El trabajo comenzará con una revisión bibliográfica sobre las técnicas más utilizadas en la actualidad para caracterizar materiales magnéticos de dimensiones nanométricas. Este estudio se hará tanto desde el punto de vista teórico, como de las dificultades que se pueden encontrar para su implementación a nivel experimental. La metodología de este trabajo es principalmente la búsqueda bibliográfica, aunque a la vista de los resultados intermedios, y teniendo en cuenta la situación sanitaria, se podrá desarrollar trabajo experimental relacionado con este trabajo. En este caso, se analizará la puesta a punto de un sistema experimental.

BIBLIOGRAFÍA:

- Introduction to Magnetic Materials, 2nd Edition. B. D. Cullity, C. D. Graham. Cambridge University Press (2008).
- Physics of Ferromagnetism. S. Chikazumi, C. D. Graham. Oxford (1997).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-2021

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de Materiales	
TÍTULO:	Materiales nanoestructurados para aplicaciones en baterías	
TITLE:	Nanostructured materials for applications in batteries	
SUPERVISOR/ES:	Ana Cremades / Bianchi Méndez	
NÚMERO DE PLAZAS:	1	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente

OBJETIVOS:

- Conocimiento del estado del arte respecto al uso de nanomateriales en baterías.
- Estudio de la relación estructura y propiedades de los sistemas materiales para su uso en dispositivos de almacenamiento de energía.

METODOLOGÍA:

El almacenamiento de energía es un problema de gran interés tanto desde el punto de vista de investigación fundamental como aplicado, siendo un tema prioritario en los programas de financiación europeos.

En este trabajo se llevará a cabo un estudio de las características que deben reunir los materiales que se emplean en el desarrollo de los diversos tipos de baterías, con el objetivo de conseguir sistemas eficientes y duraderos. En particular, se estudiarán los fundamentos físicos de las aproximaciones que usan materiales nanoestructurados, como los nanohilos, nanopartículas y nanomateriales compuestos, y se relacionarán las características morfológicas y estructurales con las propiedades de conducción eléctrica e iónica en los mismos.

Por otra parte, se prevé la realización de experimentos de síntesis y caracterización de algunos de los nanomateriales de interés en este campo, en el laboratorio del grupo "Física de nanomateriales electrónicos" del Departamento.

BIBLIOGRAFÍA:

Nanomaterials for Rechargeable Lithium Batteries, Peter G. Bruce, Bruno Scrosati, and Jean-Marie Tarascon, *Angew. Chem. Int. Ed.* **47**, 2930 – 2946 (2008)

Wang, H.; Wang, P.; Feng, Y.; Liu, J.; Wang, J.; Hu, M.; Wei, J.; Huang, Y., Recent Advances on Self-Healing Materials and Batteries. *ChemElectroChem*, **6** (6), 1605-1622 (2019)



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-2021

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de Materiales	
TÍTULO:	Óxido de galio: una alternativa real a los semiconductores de gap ultra ancho	
TITLE:	Gallium oxide: a true alternative to ultra-wide bandgap semiconductors	
SUPERVISOR/ES:	Bianchi Méndez / Emilio Nogales	
NÚMERO DE PLAZAS:	1	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente

OBJETIVOS:

- Conocimiento del estado del arte respecto al interés del óxido de galio, Ga_2O_3 .
- Estudio de las propiedades ópticas y electrónicas en nanomateriales basados en Ga_2O_3 .

METODOLOGÍA:

En este trabajo se llevará a cabo un estudio de las propiedades ópticas y electrónicas de un material que está siendo objeto de un gran interés en la comunidad científica por sus propiedades físicas. Para ello, se hará una revisión de los últimos logros conseguidos en la aplicación del Ga_2O_3 en fotodetectores de ultravioleta y en dispositivos de alta potencia.

Por otra parte, se estudiarán las propiedades del Ga_2O_3 nanoestructurado y aleado, que mejoran aún más las perspectivas en sus aplicaciones.

Se prevé la realización de experimentos de síntesis y caracterización de muestras de Ga_2O_3 en el laboratorio del grupo "Física de nanomateriales electrónicos" del Departamento.

BIBLIOGRAFÍA:

- S. J. Pearton, J. Yang, P. H. Cary IV, F. Ren, J. Kim, M.J. Tadjer and M. A. Mastro, "A review of Ga_2O_3 materials, processing and devices" Appl. Phys. Rev, 5, 011301 (2018).
- M. Alonso-Orts, E. Nogales and B. Méndez, "Optical properties of Ga_2O_3 nanostructures" Chapter of IoP book on "Wide Bandgap Semiconductor-Based Electronics" edited by Fan Ren and Stephen Pearton.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-2021

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de Materiales	
TÍTULO:	Estudio de estados electrónicos de defectos en semiconductores de gap ancho	
TITLE:	Study of defect electronic states in wide bandgap semiconductors	
SUPERVISOR/ES:	Ruth Martínez Casado/ Bianchi Méndez	
NÚMERO DE PLAZAS:	1	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

- Cálculo mediante primeros principios de la estructura de bandas y densidad de estados de óxidos de gap ancho.
- Estudio de la influencia de los defectos en la estructura electrónica.

METODOLOGÍA:

La metodología se basará en cálculo de primeros principios utilizando la aproximación del funcional de la densidad (DFT). El estudiante se formará en esta técnica y la aplicará a un material de interés tecnológico actual, como son los semiconductores de gap ancho. Los resultados obtenidos se podrán contrastar con experimentos llevados a cabo en el grupo de "Física de nanomateriales electrónicos" del Departamento.

BIBLIOGRAFÍA:

- CRYSTAL14: A Program for the Ab Initio Investigation of Crystalline Solids, Int. J. Quantum Chem. 114, 1287 (2014).
- R. Martínez-Casado et al. Frontiers in Chemistry, 7, 220 (2019)
- R. Martínez-Casado et al. Phys. Chem. Chem. Phys. 16, 21106 (2014)



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de Materiales
TÍTULO:	Superfluidez exótica y caos cuántico
TITLE:	Exotic superfluidity and quantum chaos
SUPERVISOR/ES:	Charles Creffield - Fernando Sols
NÚMERO DE PLAZAS:	1
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

Se trata de familiarizar al alumno/a con los conceptos básicos de condensación de Bose-Einstein en una red óptica. Cuando la energía de salto (*hopping*) entre pozos varía rápidamente con promedio cero, solo es posible el salto de parejas de bosones o de un bosón a segundos vecinos. El resultado es que los átomos se mueven colectivamente en direcciones opuestas de forma simultánea, formando un “estado de gato de Schrödinger”. Se estudiará el fenómeno del superfluidez de este estado, y su relación con el caos cuántico. El alumno/a aprenderá conceptos y técnicas de teoría cuántica de muchos cuerpos, así como métodos numéricos para la resolución aproximada del problema de bosones con interacciones.

METODOLOGÍA:

Se realizará un cálculo analítico para entender cómo es la dinámica efectiva de bosones sometidos a variaciones rápidas de la energía cinética. En el trabajo numérico se diagonalizará el Hamiltoniano para un sistema pequeño pero con suficiente estructura y se analizarán las propiedades del estado fundamental y en particular la estadística de niveles del espectro de energía, que revelarán la presencia de caos cuántico.

BIBLIOGRAFÍA:

A J Leggett, *Quantum Liquids* (Oxford University Press, Oxford, 2006).
G Pieplow, F Sols, C E Creffield, *Generation of atypical hopping and interactions by kinetic driving*, [New J. Phys. 20, 073045 \(2018\)](#)
G Pieplow, C E Creffield, F Sols, *Protected cat states from kinetic driving of a boson gas*, [Phys. Rev. Research 1, 033013 \(2019\)](#).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de Materiales
TÍTULO:	Dinámica de solitones en un gas de bosones ultrafríos
TITLE:	Soliton dynamics in an ultracold boson gas
SUPERVISOR/ES:	Charles Creffield
NÚMERO DE PLAZAS:	1
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS: Un solitón es un paquete de ondas estable que se mueve a una velocidad constante mientras mantiene una forma constante. Su estabilidad surge del equilibrio entre su tendencia intrínseca a extenderse y las interacciones no lineales. Se pueden producir solitones en condensados de Bose-Einstein ajustando las interacciones de las partículas para que sean atractivas. El estudiante estudiará un esquema alternativo en el que las interacciones son *repulsivas*, pero la masa efectiva de los átomos se vuelve negativa usando una técnica llamada "ingeniería de Floquet". El objetivo será explorar aspectos de la creación de solitones de esta manera, relacionando los parámetros del sistema con los solitones producidos, y examinando la viabilidad del esquema en los experimentos actuales.

METODOLOGÍA: El estudiante llevará a cabo una revisión de la literatura. Primero se concentrará en técnicas estándar de la producción de solitones en sistemas de átomos ultrafríos, y en segundo lugar con la teoría de ingeniería Floquet. Luego, aplicará una combinación de cálculos analíticos y simulación numérica usando python y fortran para tratar el comportamiento del sistema de bosones dependiente del tiempo, y así adquirir experiencia en la simulación del transporte cuántico coherente.

BIBLIOGRAFÍA:

Emergent Nonlinear Phenomena in Bose-Einstein Condensates, Eds. P. Kevrekidis, D.J. Frantzeskakis, R. Carretero-González, Springer (2008).
Pulsed atomic soliton laser, L. D. Carr and J. Brand, Phys. Rev. A 70, 033607 (2004).
Directed transport in driven optical lattices by gauge generation, C. E. Creffield and F. Sols, Phys. Rev. A 84, 023630 (2011).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de Materiales
TÍTULO:	Simulaciones de primeros principios de las propiedades electrónicas, estructurales y magnéticas en materiales periódicos
TITLE:	First principles simulations of the electronic, structural and magnetic properties in periodic materials
SUPERVISOR/ES:	Juan Ignacio Beltrán Fínez
NÚMERO DE PLAZAS:	1
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

La teoría del funcional de la densidad (DFT) es una herramienta de simulación muy empleada en la física de materiales para apoyar estudios experimentales pero también para predecir propiedades novedosas. El objetivo del TFG será el de usar un código DFT para simular las propiedades electrónicas (densidades de estados ...), estructurales (módulo de Young ...) y/o magnéticas (momentos magnéticos...) de diversos materiales periódicos de distinta dimensionalidad (los cuáles, se discutirá con el candidato).

METODOLOGÍA:

Se simulará una serie de materiales usando DFT para tomar consciencia de las fortalezas y deficiencias en dicha teoría así como las necesarias correcciones para su empleo en materiales con correlación electrónica. Para realizar dichas simulaciones el candidato necesitará un ordenador portátil con conexión inalámbrica para conectarse en remoto a un centro de computación de alto rendimiento.

BIBLIOGRAFÍA:

“Error Estimates for Solid-State Density-Functional Theory Predictions: An Overview by Means of the Ground-State Elemental Crystals”, *Critical Reviews in Solid State and Materials Sciences*, 39:1, 1-24 (2014). DOI:

[10.1080/10408436.2013.772503](https://doi.org/10.1080/10408436.2013.772503)



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de Materiales	
TÍTULO:	Nanomateriales semiconductores de gap ultra ancho con aplicaciones en fotodispositivos en el rango ultravioleta	
TITLE:	Ultra-Wide bandgap semiconductor nanomaterials for ultraviolet photodevices	
SUPERVISOR/ES:	Pedro Hidalgo Alcalde	
NÚMERO DE PLAZAS:	2	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente

OBJETIVOS:

- Estudio de los fenómenos de interacción luz-materia en óxidos transparentes conductores (TCO's) de gap ancho.
- Revisión del estado del arte de fotodispositivos de radiación ultravioleta
- Propuesta de fotodispositivos basados en nanomateriales semiconductores.

METODOLOGÍA:

Los semiconductores de gap ancho, y en particular los óxidos transparentes semiconductores (TCO's) son materiales muy interesantes por su incorporación en dispositivos optoelectrónicos que operan en el rango ultravioleta. Sobre todo, aquellos que presentan una alta conductividad y un intervalo de energía prohibido superior a 4 eV. En este trabajo se hará una revisión bibliográfica del estado del arte en este campo y se analizará las ventajas que supone la incorporación de estos nuevos materiales cuando presentan dimensiones nanométricas en las prestaciones de este (mejora de propiedades, reducción de tamaño, aplicaciones mixtas detector-emisor-sensor, etc.). Durante el cuatrimestre, si el estudiante lo desea, se puede realizar una visita al laboratorio donde el grupo de "Física de nanomateriales electrónicos" trabaja en este campo.

BIBLIOGRAFÍA:

- J. Y. Tsao et al., "Ultrawide-Bandgap Semiconductors: Research Opportunities and Challenges", Adv. Electron. Mater., 4, 1600501 (2018)
- Meiyong Liao et al. "Ultra-Wide Bandgap Semiconductor Materials" (2019), ISBN: 978-0-12-815468-7
- H. Chen, et al. "New concept ultraviolet photodetectors", Materials Today, 18, 493 (2015)
- I. López et al. J. Phys. D: Appl. Phys. 47, 415101 (2014)



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Departamento de Física de Materiales	
TÍTULO:	Exfoliación y transferencia de óxidos <i>freestanding</i>	
TITLE:	Release and transfer of freestanding oxides	
SUPERVISOR/ES:	Víctor Rouco Gómez, Jacobo Santamaría Sánchez-Barriga	
NÚMERO DE PLAZAS:	4	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

Este trabajo pretende introducir el estado del arte de las técnicas de crecimiento y exfoliación de materiales óxidos. Estos materiales presentan una gran diversidad de propiedades funcionales (ferromagnetismo, ferroelectricidad, superconductividad, transiciones metal aislante...) [1] las cuales en su forma *freestanding* permitirían solventar muchas de las limitaciones originadas por la ausencia de *gap* electrónico en el material bidimensional dominante hasta la fecha: el grafeno [2]. Los principales objetivos que se perseguirán son:

- 1) Crecimiento de capas epitaxiales de materiales óxidos sobre capas tampón con óptimas propiedades funcionales.
- 2) Exfoliación de materiales óxidos y transferencia determinista [3, 4].

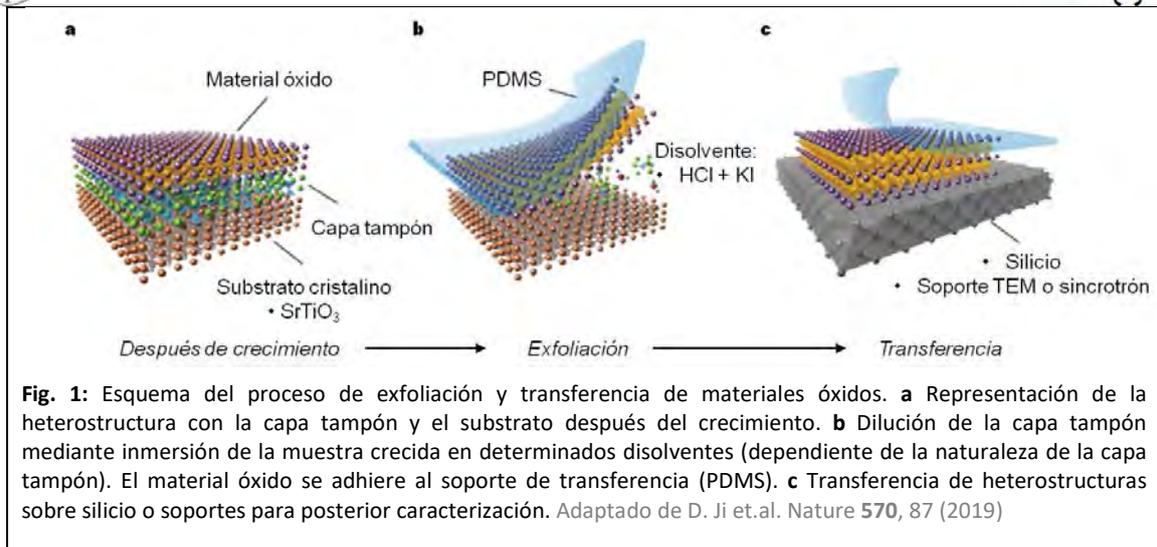
METODOLOGÍA:

El proyecto de índole bibliográfico/experimental comenzará con la preparación de capas finas de óxidos complejos correlacionados sobre sustratos cristalinos mediante la técnica de *sputtering*. Entre la capa y el sustrato se creará previamente una capa tampón tal que tras un ataque químico será disuelta permitiendo la exfoliación del material óxido a transferir (ver Fig. 1) [4].

Tras la exfoliación se transferirá el material óxido sobre silicio y/o soportes para caracterización de TEM y sincrotrón.

BIBLIOGRAFÍA:

- [1] P. Zubko et. al. *Interface Physics in Complex Oxide Heterostructures* Annu. Rev. Condens. Matter. Phys. **2**, 141 (2011)
- [2] A. Castellanos *Why all the fuss about 2D semiconductors?* Nature Photonics **10**, 202 (2016)
- [3] S.R. Bakaul et.al. *Single crystal functional oxides on silicon* Nature Communications **7**, 10547 (2016)
- [4] A. Castellanos et. al. *Deterministic transfer of two-dimensional materials by all-dry viscoelastic stamping* 2D-Materials **1**, 011002 (2014)





FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Departamento de Física de Materiales	
TÍTULO:	Sinapsis neuronal mediante uniones túnel ferroeléctricas	
TITLE:	Neural synapsis through ferroelectric tunnel junctions	
SUPERVISOR/ES:	Víctor Rouco Gómez, Jacobo Santamaría Sánchez-Barriga	
NÚMERO DE PLAZAS:	4	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

El proyecto pretende emular los procesos sinápticos del cerebro humano a través de las propiedades funcionales de las uniones túnel ferroeléctricas, actuando como memristores [1]. Estos sistemas presentan valores de resistencia (pudiendo diferir varios órdenes de magnitud) que dependen de la historia eléctrica. Esta característica es análoga a la sinapsis neuronal y constituye una de las bases de la inteligencia artificial en *hardware* [2].

Se perseguirá la obtención de procesos de aprendizaje enmarcados en la regla de STDP (*Spike-Time Dependence Plasticity* por sus siglas en inglés) así como procesos de fortalecimiento y aprendizaje a corto y largo plazo.

METODOLOGÍA:

El proyecto bibliográfico/experimental comenzará con la preparación de uniones túnel ferroeléctricas (LSMO/BTO/electrodo metálico) mediante *sputtering*, litografía óptica y evaporación térmica o *sputtering* de metales.

Mediante la aplicación de pulsos eléctricos ultrarápidos [100ns-100ms] a través de un generador de ondas arbitrario se emularán los potenciales de acción (impulsos eléctricos) de las neuronas.

Se analizarán las variaciones de la resistencia del memristor (plasticidad sináptica), en función de la forma, amplitud y periodicidad de los distintos pulsos eléctricos.

BIBLIOGRAFÍA:

[1] Y. Zhang et. al. *Brain-inspired computing with memristors: Challenges in devices, circuits, and systems*. Applied Physics Reviews **7**, 011308 (2020)

[2] L.A. Camuñas-Mesa et. al. *Neuromorphic Spiking Neural Networks and Their Memristor-CMOS Hardware Implementations* Materials **12**, 2745 (2019)



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de Materiales
TÍTULO:	Resonancia ferromagnética y de antena en redes de microhilos magnéticos
TITLE:	Ferromagnetic and antenna resonances in array of magnetic microwires
SUPERVISOR/ES:	Pilar Marín
NÚMERO DE PLAZAS:	1
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

- Entender la interacción de la microondas con un elemento metálico magnético
- Hacer una revisión de bibliografía en metamateriales magnéticos

METODOLOGÍA:

La radiación de microondas es una de las más utilizadas en la actualidad para múltiples aplicaciones tanto en sistemas de comunicación como en sensores y etiquetas de identificación.

A su vez, gran parte de la comunidad científica actual, está dedicando esfuerzo al estudio de meta estructuras ordenadas conocidas como metamateriales que presentan interesantes propiedades como los índices de refracción negativos que en el caso de la luz visible están relacionados con conceptos como la invisibilidad. El estudiante tendrá que hacer una revisión de bibliografía en este campo que correlacione la longitud de onda de la radiación con las dimensiones de las metaestructuras y las resonancias o mecanismos que intervienen.

Finalmente se realizará alguna medida experimental con redes de microhilos magnéticos utilizando antenas de microondas y un analizador vectorial

BIBLIOGRAFÍA:

- J. M. D. Coey. Magnetism and Magnetic Materials. Cambridge University Press.
- D.Griffiths Introduction to Electrodynamics ISBN 0-13-805326-X



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de Materiales	
TÍTULO:	Dominios magnéticos en nanohilos y microcintas de LSMO de diferentes geometrías	
TITLE:	Magnetic domains in LSMO nanowires and microribbons with different geometries	
SUPERVISOR/ES:	Fabián Andrés Cuéllar Jiménez	
NÚMERO DE PLAZAS:	1	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

Determinar la contribución de las diferentes características geométricas en la densidad de dominios magnéticos en hilos de LSMO de diferentes dimensiones y geometrías

METODOLOGÍA:

- Fabricación de nanohilos y microcintas por sputtering y litografía electrónica [1]
- Caracterización por microscopía AFM y MFM [2]
- Caracterización eléctrica por magnetotransporte en baja temperatura [3]
- Análisis de resultados

BIBLIOGRAFÍA:

- [1] T. Arnal, A. V. Khvalkovskii, M. Bibes, B. Mercey, P. Lecoeur, A.-M. Haghiri-Gosnet, Phys. Rev. B 75 (2007) 220409.
- [2] Y. Jiang, G.Y. Gao, Y. Wang, H.L.W. Chan, Solid State Commun. 150 (2010) 2028–2031.
- [3] J. Wolfman, A.M. Haghiri-Gosnet, B. Raveau, C. Vieu, E. Cambril, A. Cornette, H. Launois, J. Appl. Phys. 89 (2001) 6955–6957.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de Materiales	
TÍTULO:	Láseres no lineales de agujeros negros en condensados de Bose-Einstein	
TITLE:	Non-linear black-hole lasers in Bose-Einstein condensates	
SUPERVISOR/ES:	Juan Ramón Muñoz de Nova – Fernando Sols Lucia	
NÚMERO DE PLAZAS:	1	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa X	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

Se trata de familiarizar al alumno con los conceptos básicos de condensación de Bose-Einstein en gases diluidos, concentrándose en la noción de función de onda macroscópica de Gross-Pitaevskii (GP) que describe el condensado a bajas temperaturas. Se estudiarán soluciones dinámicamente inestables de la ecuación GP debidas a la presencia de una región supersónica de tamaño finito (*black-hole laser*). En particular, se analizará su comportamiento dependiente del tiempo, concentrándose en el estudio del diagrama de fase a largos tiempos, en los que el sistema se espera que, o bien alcance el estado fundamental, o bien emita periódicamente trenes de solitones siendo este régimen de emisión continua de solitones (CES) el análogo no lineal de un láser óptico.

METODOLOGÍA:

La función de onda de Gross-Pitaevskii describe un condensado de Bose-Einstein a bajas temperaturas. Se resolverá analíticamente la ecuación GP estacionaria en presencia de potenciales externos para un flujo subsónico asintótico fijo, identificando las soluciones de *black-hole laser* (BHL) así como las soluciones estacionarias que son clave para entender la posible dinámica del sistema. Después, se integrará numéricamente la ecuación GP dependiente del tiempo partiendo de una solución tipo BHL. Con dichos resultados, se estudiará el diagrama de fase a largos tiempos del sistema, identificando configuraciones favorables para alcanzar el régimen CES así como sus propiedades. El trabajo combina métodos analíticos para el cálculo de soluciones estacionarias de GP con métodos numéricos para la resolución de la ecuación de GP dependiente del tiempo.



BIBLIOGRAFÍA:

- A. J. Leggett, *Quantum Liquids* (Oxford University Press, Oxford, 2006).
- J. R. M. de Nova, S. Finazzi, I. Carusotto, *Time dependent study of a black-hole laser in a flowing atomic condensate*, Phys. Rev. A 94, 043616 (2016).
- J. R. M. de Nova, *Non-linear stationary solutions in realistic models for analog black-hole lasers*, Universe 3, 54 (2017).
- J. Steinhauer, *Observation of self-amplifying Hawking radiation in an analogue black hole laser*, Nature Physics 10, 864 (2014).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de Materiales	
TÍTULO:	Interacciones en grafeno	
TITLE:	Interactions in graphene	
SUPERVISOR/ES:	Juan Ramón Muñoz de Nova - Fernando Sols Lucia	
NÚMERO DE PLAZAS:	1	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa X	Selección por expediente

OBJETIVOS:

Se trata de familiarizar al alumno/a con los conceptos básicos de la física de electrones en grafeno, principal materia bidimensional, como ejemplo representativo del problema de muchos cuerpos en sistemas fermiónicos. El *scattering* mutuo de dos electrones aislados en grafeno tiene una resonancia específica tipo Feshbach que solo ocurre en grafeno o materiales similares. Se estudiará dicha resonancia y la posibilidad de que sobreviva en presencia de otros electrones (mar de Fermi lleno). También se estudiará la interacción de electrones en grafeno en presencia de un sustrato piezoeléctrico.

METODOLOGÍA:

Se utilizarán técnicas de la teoría cuántica de muchos cuerpos aplicadas a sistemas fermiónicos en dos dimensiones. En particular se verá cómo la resolución de la ecuación de Bethe-Salpeter puede arrojar luz sobre las colisiones entre dos electrones en presencia de la red del grafeno y de un mar de Fermi. Para el caso de electrones en grafeno sobre un sustrato, se utilizará la teoría del apantallamiento dinámico. El trabajo incluirá desarrollos analíticos que serán la base de algunos cálculos numéricos.

BIBLIOGRAFÍA:

A L Fetter, J D Walecka, *Quantum theory of many-particle systems* (McGraw-Hill, New York, 1971).

C Gaul, F Domínguez-Adame, F Sols, I Zapata, *Feshbach-type resonances for two-particle scattering in graphene*, Phys. Rev. B 89, 045420 (2014).

D G González, I Zapata, J Schiefele, F Sols, F Guinea, *Many-body effects in doped graphene on a piezoelectric substrate*, Phys. Rev. B 96, 125119 (2017).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de Materiales
TÍTULO:	Diagrama de fases para estados de Hall cuánticos enteros en grafeno
TITLE:	Phase diagram for integer quantum Hall states in graphene
SUPERVISOR/ES:	Juan Ramón Muñoz de Nova – Fernando Sols Lucia
NÚMERO DE PLAZAS:	1
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa X Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

Se trata de familiarizar al alumno con los conceptos básicos de la física de electrones en grafeno, principal material bidimensional, así como con uno de los problemas fundamentales de la mecánica cuántica, el problema de Landau de una carga en presencia de un campo magnético uniforme. En particular, se resolverá el problema de Landau en grafeno, con el objetivo de estudiar el diagrama de fases de campo medio para los estados de Hall cuánticos enteros dentro del nivel cero de Landau.

METODOLOGÍA:

Se estudiará en primer lugar el problema de Landau, resolviendo la correspondiente ecuación de Schrödinger analíticamente. Después, se estudiará el problema de Landau dentro del modelo efectivo del grafeno a bajas energías. Utilizando la aproximación de campo medio de Hartree-Fock, dichos resultados se aplicarán al estudio del diagrama de fases para los estados de Hall cuánticos enteros dentro del nivel cero de Landau. Se espera que el trabajo sea completamente analítico.

BIBLIOGRAFÍA:

- M. Katsnelson. *Graphene: Carbon in Two Dimensions* (Cambridge: Cambridge University Press, 2012).
- M. Kharitonov, *Phase diagram for the $\nu=0$ quantum Hall state in monolayer graphene*, Phys. Rev. B 85, 155439 (2012).
- J. R. M. de Nova, I. Zapata, *Symmetry characterization of the collective modes of the phase diagram of the $\nu=0$ quantum Hall state in graphene: Mean-field and spontaneously broken symmetries*, Phys. Rev. B 95, 165427 (2017).
- Di S. Wei et al., *Electrical generation and detection of spin waves in a quantum Hall ferromagnet*, Science 362, 229-233 (2018).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de Materiales	
TÍTULO:	Radiación Hawking en gases cuánticos	
TITLE:	Hawking radiation in quantum gases	
SUPERVISOR/ES:	Juan Ramón Muñoz de Nova – Fernando Sols Lucia	
NÚMERO DE PLAZAS:	1	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

Se trata de familiarizar al alumno con los conceptos básicos de condensación de Bose-Einstein en gases diluidos, llegando hasta el concepto de cuasipartícula de Bogoliubov. Se estudiará el *scattering* de cuasipartículas en interfases subsónica-supersónica (horizontes de sucesos acústicos) y la emisión espontánea de radiación de Hawking asociada. Se profundizará en el estudio de las funciones de correlación densidad-densidad, prestando especial atención al caso de estructuras resonantes.

METODOLOGÍA:

La teoría de Bogoliubov es la primera corrección a la teoría de campo medio (Gross-Pitaevskii) para un condensado de átomos bosónicos. Se resolverán las ecuaciones de Bogoliubov para un condensado en una serie de horizontes de sucesos acústicos. Aplicando técnicas de empalme de la función de onda, se calculará el espectro de la radiación Hawking y, a partir de dicho espectro, la función de correlación densidad-densidad. El trabajo es esencialmente analítico, recurriendo a técnicas numéricas cuando sea necesario.

BIBLIOGRAFÍA:

A. J. Leggett, *Quantum Liquids* (Oxford University Press, Oxford, 2006).
I. Zapata, M. Albert, R. Parentani, F. Sols, *Resonant Hawking radiation in Bose-Einstein condensates*, New J. Phys. 13, 063048 (2011).
J. R. M. de Nova, K. Golubkov, V. I. Kolobov, J. Steinhauer, *Observation of thermal Hawking radiation and its temperature in an analogue black hole*, Nature 569, 688-691 (2019).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de Materiales
TÍTULO:	Nuevas perspectivas y retos en el futuro de las baterías
TITLE:	New perspectives and challenges in future batteries
SUPERVISOR/ES:	David Maestre Varea
NÚMERO DE PLAZAS:	1
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

El campo de las baterías y los dispositivos de almacenamiento de energía se enfrenta a grandes retos en los próximos años en diversos ámbitos como los vehículos eléctricos, los pequeños dispositivos electrónicos, la medicina o la industria. Entre otros aspectos, es necesario optimizar la eficiencia, durabilidad y sostenibilidad de las baterías para lo que se están explorando nuevos materiales, enfoques tecnológicos y funcionalidades. El objetivo principal del TFG es realizar una revisión bibliográfica sobre las perspectivas de desarrollo en el campo de las baterías en los próximos años.

METODOLOGÍA:

- Aprendizaje de herramientas de búsqueda bibliográfica.
- Revisión bibliográfica.
- Organización y análisis de la información recogida.
- Si las condiciones sanitarias lo permiten, el trabajo bibliográfico se completará con el estudio de algunos materiales con potenciales aplicaciones en baterías de ion Litio, mediante diversas técnicas de microscopía y espectroscopía.

BIBLIOGRAFÍA:

- Harlow, J. E. et al. A Wide Range of Testing Results on an Excellent Lithium-Ion Cell Chemistry to be used as Benchmarks for New Battery Technologies. *J. Electrochem. Soc.* **166**, A3031–A3044 (2019).
- Commission, E. SET-Plan action 7 – Implementation Plan. https://setis.ec.europa.eu/sites/default/files/set_plan_batteries_implementation_plan.pdf (2017).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de Materiales
TÍTULO:	Dicalcogenuros de metales de transición
TITLE:	Transition metal dichalcogenides
SUPERVISOR/ES:	Arantzazu Mascaraque / Miguel A. González Barrio
NÚMERO DE PLAZAS:	1
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input type="checkbox"/> Selección por expediente <input checked="" type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

Conocer y comprender las propiedades físicas particulares de los materiales laminares y su relación con la baja dimensionalidad.

Los materiales laminares constituyen una familia creciente de materiales con propiedades emergentes, que incluye a los aislantes topológicos y los dicalcogenuros de metales de transición. Estos últimos, con formula general MX_2 , donde M es un metal de transición (Mo, W, etc.), y X un anfígeno (S, Se or Te), pueden ser semiconductores, semimetales o incluso superconductores. Recientemente, el MoS_2 , por ejemplo, ha recibido gran atención como un material prometedor en variedad de aplicaciones en electrónica, espintrónica, catálisis, como sensor de gas, biosensor, material fotovoltaico o para almacenamiento de energía.

METODOLOGÍA:

Realizar una búsqueda bibliográfica y puesta al día de los sistemas mencionados. Se utilizarán las herramientas online disponibles a través de la Biblioteca UCM.

BIBLIOGRAFÍA:

Manzeli, S. *et al.* 2D transition metal dichalcogenides. *Nat Rev Mater* 2, 17033 (2017). <https://doi.org/10.1038/natrevmats.2017.33>

Choi, W. *et al.* Recent development of two-dimensional transition metal dichalcogenides and their applications. *Materials Today* 20 (2017) 116-130. <https://doi.org/10.1016/j.mattod.2016.10.002>.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de Materiales
TÍTULO:	Interacciones magnéticas quirales en sistemas de baja dimensionalidad
TITLE:	Chiral magnetic interactions in low-dimensional systems
SUPERVISOR/ES:	Arantazu Mascaraque / Miguel A. González Barrio
NÚMERO DE PLAZAS:	1
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input type="checkbox"/> Selección por expediente <input checked="" type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

Comprender las implicaciones físicas de las interacciones magnéticas que presentan quiralidad en sistemas de baja dimensionalidad.

A diferencia de la interacción de canje, que favorece una ordenación paralela o antiparalela de los momentos magnéticos, la ruptura de simetría en superficies e intercaras, así como el fuerte acoplo espín-órbita, dan lugar a interacciones que favorecen ordenamientos no colineales de los momentos magnéticos. Estas interacciones, como la interacción de Dzyaloshinskii-Moriya, permiten estabilizar estructuras magnéticas (paredes de dominio, skyrmiones) de quiralidad bien definida y protegida topológicamente, propiedad de plena actualidad que puede servir para diseñar dispositivos eficientes de almacenamiento magnético de información.

METODOLOGÍA:

Realizar una búsqueda bibliográfica y puesta al día de los sistemas mencionados. Se utilizarán las herramientas online disponibles a través de la Biblioteca UCM.

BIBLIOGRAFÍA:

Fert, A. et. al., Magnetic skyrmions: advances in physics and potential applications. *Nature Reviews Materials* **2**, 17031 (2017) (DOI: [10.1038/natrevmats.2017.31](https://doi.org/10.1038/natrevmats.2017.31))

Legrand, W. et al. Hybrid chiral domain walls and skyrmions in magnetic multilayers. *Sci Adv* **4** (7), eaat0415 (DOI: [10.1126/sciadv.aat0415](https://doi.org/10.1126/sciadv.aat0415))



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de Materiales
TÍTULO:	Fotoemisión directa e inversa: determinación experimental de la estructura de bandas de un sólido
TITLE:	Direct and inverse photoemission: experimental determination of a solid's band structure
SUPERVISOR/ES:	Arantazu Mascaraque / Miguel A. González Barrio
NÚMERO DE PLAZAS:	1
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input type="checkbox"/> Selección por expediente <input checked="" type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

Comprender cómo se puede determinar experimentalmente la estructura de bandas de un sólido. Aprender a realizar un experimento de fotoemisión directa y de fotoemisión inversa. Profundizar en las implicaciones de los diferentes modelos de teoría de bandas.

La espectroscopía de fotoemisión resuelta en ángulo (ARPES) es una herramienta fundamental en la determinación de los estados electrónicos de un sólido, ya que permite determinar la energía y el momento (también el espín) de un electrón, y no una distribución promediada en energía y/o sólo cerca del nivel de Fermi. Su técnica complementaria, la fotoemisión inversa (IPES) permite estudiar los estados vacíos situados por encima del nivel de Fermi.

METODOLOGÍA:

Realizar una búsqueda bibliográfica y puesta al día de los sistemas mencionados. Se utilizarán las herramientas online disponibles a través de la Biblioteca UCM.

BIBLIOGRAFÍA:

Yang, H. *et al.* Visualizing electronic structures of quantum materials by angle-resolved photoemission spectroscopy. *Nat Rev Mater* **3**, 341–353 (2018).

<https://doi.org/10.1038/s41578-018-0047-2>

Lv, Baiqing *et al.* Angle-resolved photoemission spectroscopy and its application to topological materials. *Nat Rev Phys* **1**, 609–626 (2019).

<https://doi.org/10.1038/s42254-019-0088-5>

S. D. Stolwijk *et al.* Rotatable spin-polarized electron source for inverse-photoemission experiments. *Rev. Sci. Instrum.* **85**, 013306 (2014).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de Materiales
TÍTULO:	LiCoO ₂ : propiedades electrónicas y aplicaciones
TITLE:	LiCoO ₂ : electronic properties and applications
SUPERVISOR/ES:	Arantzazu Mascaraque / Miguel A. González Barrio
NÚMERO DE PLAZAS:	1
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input type="checkbox"/> Selección por expediente <input checked="" type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

Conocer y comprender las propiedades electrónicas del LiCoO₂. Conocer las aplicaciones tecnológicas del LiCoO₂. Comprender qué es una transición de fase tipo Mott y cómo y por qué puede estabilizarse.

El Li_xCoO₂ (LCO) es el material más importante y más estudiado como cátodo en baterías comerciales y el mejor sistema modelo para estudios fundamentales en baterías de ion Li. Recientemente, se ha propuesto el uso de láminas delgadas de LCO como material en aplicaciones tipo *memristor*. En particular, en computación analógica y *neuromórfica* de bajo consumo energético. La estructura y propiedades del LCO se modifican enormemente con los cambios en el contenido de Li que tienen lugar durante los ciclos de carga/descarga de la batería. Al disminuir el contenido de Li, el LCO experimenta varias transiciones de fase, que incluyen transiciones orden-desorden, deslizamiento de O y una transición metal-aislante cuando el contenido de Li en el Li_xCoO₂ es menor de $x=0.95$.

METODOLOGÍA:

Realizar una búsqueda bibliográfica y puesta al día de los sistemas mencionados. Se utilizarán las herramientas online disponibles a través de la Biblioteca UCM.

BIBLIOGRAFÍA:

- E. Fuller et al., *Li-Ion Synaptic Transistor for Low Power Analog Computing*. *Adv. Mater.* **29**, 1604310 (2017).
- L. Lu et al, *A review on the key issues for lithium-ion battery management in electric vehicles*. *J. of Power Sources.* **226**, 272 (2013).
- A. Milewska et al, *The nature of the nonmetal-metal transition in Li_xCoO₂ oxide*. *Sol. State. Ion* **263**, 110 (2014).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de Materiales
TÍTULO:	Óxidos de molibdeno para aplicaciones en biosensores y medicina
TITLE:	Molybdenum oxides applications in biosensors and medicine
SUPERVISOR/ES:	Carlos Díaz-Guerra Viejo
NÚMERO DE PLAZAS:	1
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input type="checkbox"/> Selección por expediente <input checked="" type="checkbox"/>

OBJETIVOS: Los óxidos de Mo se encuentran entre los materiales más versátiles y adaptables existentes para su uso en dispositivos ópticos y electrónicos. En los últimos años, sus potenciales aplicaciones se han extendido hacia otros campos, incluyendo distintos tipos de sensores. El objetivo del trabajo es llevar a cabo una revisión del estado del arte y las futuras perspectivas del uso de óxidos de Mo en dichas aplicaciones, prestando especial atención a la conexión morfología - estructura - composición y su relación con las posibles prestaciones de estos materiales en las aplicaciones detalladas en el siguiente epígrafe.

METODOLOGÍA: El trabajo se basa en una revisión bibliográfica detallada orientada a diferenciar los materiales pertenecientes a esta familia, incluyendo sus *composites* con compuestos de carbono (grafeno, óxido de grafeno) u otros materiales orgánicos que mejores prestaciones presentan o pueden presentar en un futuro, teniendo en consideración su posible toxicidad, en los siguientes campos:

- Biosensores ópticos o electrónicos
- Fototerapia
- Imagen fotoacústica
- Tratamiento de tumores

No obstante, en función del desarrollo del trabajo, el interés del alumno y la situación sanitaria, existe la posibilidad de realizar alguna medida experimental relacionada con el mismo.

BIBLIOGRAFÍA:

[1] Yun Xing, Ying Cai, Jiaji Cheng and Xiaoqian Xu, *Appl. Nanosci.*, (2020), <https://doi.org/10.1007/s13204-020-01389-9>

[2] S. Augustine, P. Kumar and B.D. Malhotra, *ACS Appl. Bio Mater.* 2 (2019), 5366.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de Materiales
TÍTULO:	Materiales para baterías de Al recargables
TITLE:	Materials for secondary Al batteries
SUPERVISOR/ES:	Carlos Díaz-Guerra Viejo
NÚMERO DE PLAZAS:	2
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input type="checkbox"/> Selección por expediente <input checked="" type="checkbox"/>

OBJETIVOS: Las baterías basadas en Al se están convirtiendo en una alternativa viable a las de ion Li debido a su menor coste, mayor capacidad volumétrica, facilidad de reciclaje y seguridad. No obstante, sus potenciales aplicaciones dependen críticamente de la mejora del comportamiento de los materiales empleados en la fabricación de sus electrodos. El objetivo del trabajo es llevar a cabo una revisión del estado del arte y las futuras perspectivas del uso de diferentes óxidos, sulfuros, materiales basados en C, aleaciones metálicas y *composites* en dichas baterías, prestando especial atención a la conexión morfología - estructura - composición y su relación con las prestaciones de estos materiales en las aplicaciones detalladas en el siguiente epígrafe.

METODOLOGÍA: El trabajo se basa en una revisión bibliográfica detallada orientada a diferenciar los materiales adecuados para la fabricación de ánodos, cátodos y electrolitos y sus potenciales prestaciones en dos tipos de baterías, las de Al-aire y las de ion aluminio.

En función del desarrollo del trabajo, el interés del alumno y la situación sanitaria, existe la posibilidad de realizar alguna medida experimental directamente relacionada con el mismo.

BIBLIOGRAFÍA:

- [1] G.A. Elia, K. Marquardt, K. Hoepfner, S. Fantini, R. Lin, E. Knipping, W. Peters, J.F. Drillet, S. Passerini and R. Hahn, *Adv. Mater.* (2016) DOI: 10.1002/adma.201601357
[2] T. Leisegang, F. Meutzner, M. Zschornak, W. Münchgesang, R. Schmid, et al. *Frontiers in Chemistry* **7**, Article 268 (21 pag.) (2019).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-2021

Ficha de Trabajo 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
SUPERVISOR/ES:	Paloma Fernández Sánchez
NÚMERO DE PLAZAS:	1
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input type="checkbox"/> Selección por expediente <input checked="" type="checkbox"/>

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 en esta materia

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)
- An Introduction to Materials Engineering and Science for Chemical and Materials Engineers ; Brian S. Mitchell (John Wiley and Sons, 2004)



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de Materiales
TÍTULO:	Excitones y triones en materiales bidimensionales.
TITLE:	Excitons and trions in two-dimensional materials.
SUPERVISOR/ES:	Elena Díaz García y Francisco Domínguez-Adame Acosta
NÚMERO DE PLAZAS:	1
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input type="checkbox"/> Selección por expediente X

OBJETIVOS: Familiarizar al alumno con las técnicas de investigación en física teórica de la materia condensada, en relación con los excitones neutros y cargados (triones) que se observan en materiales bidimensionales. Explorar el estado del arte en el análisis teórico de los excitones en sistemas de alto confinamiento cuántico. Avanzar en la descripción de los estados excitados.

METODOLOGÍA: La metodología será la habitual en el campo. Se partirá de resultados previos [1], donde se estudia la interacción electrón-hueco en materiales bidimensionales inmersos en un dieléctrico. Los estados de excitones neutros y cargados se pueden observar mediante medidas de fotocorriente a baja temperatura [2]. Aunque la teoría de los estados de los excitones neutros [1] se ajusta muy bien al experimento, no se tiene todavía una teoría fenomenológica similar para los triones.

BIBLIOGRAFÍA:

- [1] L. Keldysh. *Coulomb Interaction in Thin Semiconductor and Semimetal Films*. Soviet Journal of Experimental and Theoretical Physics Letters **29** (1979) 658.
- [2] D. Vaquero, V. Clericò, J. Salvador-Sánchez, A. Martín-Ramos, E. Díaz, F. Domínguez-Adame, Y. M. Meziani, E. Diez and J. Quereda. *Excitons, trions and Rydberg states in monolayer MoS₂ revealed by low temperature photocurrent spectroscopy*. [arXiv:2004.02526](https://arxiv.org/abs/2004.02526).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2019-20

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de Materiales	
TÍTULO:	Transporte polarónico de espín en moléculas quirales	
TITLE:	Polaronic spin transport in chiral molecules	
SUPERVISOR/ES:	Elena Díaz García y Francisco Domínguez-Adame Acosta	
NÚMERO DE PLAZAS:	1	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa	Selección por expediente X

OBJETIVOS: Familiarizar al alumno con las técnicas de investigación en física teórica de la materia condensada, en relación a la posible generación y propagación de polarones en fenómenos de selectividad de espín inducida por la quiralidad en moléculas como el ADN y α -hélices. El trabajo previsto pretende analizar el transporte de espín vía efectos polarónicos, es decir, en presencia de interacciones electrón-red a temperatura finita. El objetivo final del trabajo será valorar la posible contribución de los polarones al fenómeno de la selectividad de espín observado en los experimentos [1].

METODOLOGÍA: La metodología será la habitual en el campo. Se planteará el modelo que describe la interacción de un electrón con la red molecular, y se explorarán distintos regímenes para la intensidad de esta interacción. Mediante un modelo electrónico que incorpora la geometría helicoidal de la molécula [2-4], se obtendrán numéricamente magnitudes relativas al transporte dependiente del espín. Por último, se obtendrá la polarización de espín a partir de estas magnitudes para comparar con resultados experimentales.

BIBLIOGRAFÍA:

- [1] *The Chiral Induced Spin Selectivity (CISS) Effect*, Ron Naaman y David H. Waldeck (capítulo 6 del libro *World Scientific Reference on Spin in Organics*, publicado por World Scientific, 2018).
- [2] M. A. Sierra, D. Sánchez, R. Gutierrez, G. Cuniberti, F. Domínguez-Adame and E. Díaz. Spin-polarized electron transmission in DNA-like systems. *Biomolecules* **10**, 49 (2020).
- [3] E. Díaz, A. Contreras, J. Hernández and F. Domínguez-Adame. Effective nonlinear model for electron transport in deformable helical molecules. *Physical Review E* **98**, 052221 (2018).
- [4] E. Díaz, P. Albares, P. G. Estévez, J. M. Cerveró, C. Gaul, E. Diez, and F. Domínguez-Adame. Spin dynamics in helical molecules with non-linear interactions. *New Journal of Physics* **20**, 043055 (2018).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de Materiales	
TÍTULO:	Teoría del funcional densidad aplicada a nanopartículas híbridas.	
TITLE:	Density functional theory applied to hybrid nanoparticles	
SUPERVISOR/ES:	Elena Díaz García y Ruth Martínez Casado	
NÚMERO DE PLAZAS:	1	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input type="checkbox"/>	Selección por expediente X

OBJETIVOS: Familiarizar al alumno con las técnicas de investigación en física teórica de la materia condensada basadas en cálculos de primeros principios de la estructura electrónica de nanopartículas híbridas. Explorar el estado del arte de los análisis numéricos basados en la teoría funcional de densidad para obtener información de la estructura de bandas de nanopartículas semiconductoras híbridas. Avanzar en la descripción de su respuesta óptica.

METODOLOGÍA: Recientemente un equipo interdisciplinar con investigadores de la UCM ha demostrado que el rendimiento cuántico de nanopartículas luminiscentes en el NIR-II basadas en Ag/Ag₂S se incrementa en casi dos órdenes de magnitud a través de tratamientos superficiales de tipo óptico o químico, lo que unido a su nula toxicidad resulta fundamental para su aplicación en investigación clínica [1]. Sin embargo estos estudios son muy recientes y todavía requieren de un análisis teórico exhaustivo para un diseño óptimo del método de síntesis de estas superestructuras. La interpretación teórica de los procesos de fluorescencia de las nanopartículas híbridas requieren un complejo tratamiento cuántico para poder obtener una descripción detallada del material híbrido Ag/Ag₂S mediante primeros principios. Para aportar un poco de luz en las propiedades de esta interfaz se puede utilizar la Teoría del Funcional de la Densidad (DFT). El código utilizado será CRYSTAL17, que ha sido implementado de forma muy eficiente para realizar estudios de compuestos en los que hay presencia de elementos metálicos como el Ag. En particular, el funcional utilizado será el Perdew-Burke-Ernzerhof (PBE), que ha demostrado describir de forma correcta la estructura electrónica y propiedades ópticas de materiales con elementos metálicos [2,3].

BIBLIOGRAFÍA:

- [1] A. Ortega-Rodríguez et al. *10-Fold Quantum Yield Improvement of Ag₂S Nanoparticles by Fine Compositional Tuning*. ACS Applied Materials & Interfaces **12** (2020) 12500.



[2] R. Dovesi et al. Quantum-mechanical condensed matter simulations with CRYSTAL. WIREs Comput. Mol. Sci. **8**, (2018) e1360 (2018).

[3] R. Martínez-Casado et al. A hybrid-exchange density functional study of the bonding and electronic structure in bulk CuFeS₂. J. Chem. Phys. **144**, (2016) 184702 .