



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales	
Título:	Gases de electrones bidimensionales en SrTiO ₃	
Title:	Two Dimensional Electron Gases on SrTiO ₃	
Supervisor/es:	Flavio Bruno	
E-mail supervisor/es	fybruno@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

Entender la influencia de los distintos parámetros iniciales en la simulación de la estructura de bandas de un gas bidimensional de electrones en SrTiO₃ utilizando BimPo. Entender los límites para los cuales se obtienen resultados del cálculo que representan medidas experimentales contrastadas.

Metodología:

El trabajo consistirá en 2 partes diferenciadas:

- 1.- Cálculo de la estructura de bandas de gases de electrones bidimensionales en SrTiO₃ utilizando BimPo.
- 2.- Comparación de los resultados calculados con resultados experimentales publicados.

Bibliografía:

- 1.- ARPES Studies of Two-Dimensional Electron Gases at Transition Metal Oxide Surfaces. (<https://arxiv.org/abs/1612.03571>)



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales	
Título:	Efectos de la interacción electrón-electrón en el transporte a través de contactos de punto cuántico	
Title:	Impact of the electron-electron interaction on transport phenomena in quantum point contacts	
Supervisor/es:	Leonor Chico Gómez / Francisco Domínguez-Adame Acosta	
E-mail supervisor/es	leochico@ucm.es / adame@ucm.es	
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 la dinámica de los electrones en contactos de punto cuánticos materiales bidimensionales, como grafeno monocapa y bicapa. Explorar el estado del arte en el análisis teórico de este problema. Avanzar en la descripción de los fenómenos de transporte en nanoestructuras y colaborar con el grupo experimental de nanotecnología de la Universidad de Salamanca.

Metodología:

La metodología será la habitual en el campo. Se partirá de resultados previos [1], y la novedad será el análisis de los efectos de la interacción electrón-electrón. Para ello se utilizará el modelo de Hubbard, en la aproximación autoconsistente de Hartree-Fock. Mediante el entorno de programación Kwant [2], basado en Python, se procederá a calcular las corrientes de carga y energía de los electrones a través de la nanoestructura. Las simulaciones se compararán con resultados experimentales.

Bibliografía:

- [1] Quantum nanoconstrictions fabricated by cryo-etching in encapsulated graphene; V. Clericò, J. A. Delgado-Notario, M. Saiz-Bretín, A. V. Malyshev, Y. M. Meziani, P. Hidalgo, B. Méndez, M. Amado, F. Domínguez-Adame and E. Diez; Scientific Reports 9, 13572 (2019).
- [2] <https://kwant-project.org/>



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales	
Título:	Hipertermia por nanopartículas magnéticas: estado actual de las aplicaciones clínicas	
Title:	Magnetic nanoparticle hyperthermia: current state of clinical applications	
Supervisor/es:	Patricia de la Presa	
E-mail supervisor/es	pmpresa@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

La hipertermia por nanopartículas magnéticas es un tratamiento localizado del cáncer. Nanopartículas magnéticas sometidas a un campo de radiofrecuencia son capaces de liberar calor, por lo que son ideales para un tratamiento selectivo. Tanto las propiedades físicas de las nanopartículas como las condiciones campo están actualmente muy estudiadas, sin embargo, las aplicaciones clínicas están aún en fase I. En este trabajo se realizará un estudio bibliográfico del estado actual de las aplicaciones clínicas de la hipertermia por nanopartículas magnéticas.

Metodología:

El trabajo incluye la revisión de literatura de trabajos previos relacionados a la aplicación de la terapia en pacientes. Los aspectos específicos se discutirán y decidirán entre supervisor y estudiante.
El trabajo se realizará en el IMA (Instituto de Magnetismo Aplicado de la UCM)

Bibliografía:

“Clinical applications of magnetic nanoparticles for hyperthermia” B Thiessen & A. Jordan, Int J Hyperthermia, 2008; 24(6): 467–474



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales	
Título:	Midiendo campos magnéticos neurales	
Title:	Measuring neural magnetic fields	
Supervisor/es:	Lucas Pérez García	
E-mail supervisor/es	lucas.perez@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

- Realizar una revisión de los distintos sistemas utilizados hasta la fecha para la detección de campos magnéticos producidos por el sistema nervioso.
- Entender los principios físicos que hay detrás de los distintos dispositivos utilizados: efecto Josephson, efecto Faraday, magnetorresistencia...

Metodología:

El trabajo tendrá dos partes:

- Revisión bibliográfica de los distintos sistemas, comerciales y en desarrollo, que se utilizan para la detección de campos neurales, tanto in-vitro como in-vivo.
- Descripción breve, utilizando los conocimientos adquiridos en las distintas asignaturas del Grado (fundamentalmente Electromagnetismo, Óptica y Física del Estado Sólido) de los distintos conceptos físicos utilizados para la medida de estos campos.

Bibliografía:

- J. M. D. Coey. Magnetism and Magnetic Materials. Cambridge University Press.
- M. Proudfoot et al. Magnetoencephalography. Pract Neurol 14 (2014) 336
- Elena Boto et al. Moving magnetoencephalography towards real-world applications with a wearable system. Nature 255 (2018) 657
- L. Caruso et al. In Vivo Magnetic Recording of Neuronal Activity. Neuron 95 (2017) 1283



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales	
Título:	Fenómenos de transporte en materiales bidimensionales con defectos puntuales y acoplamiento Rashba	
Title:	Transport phenomena in two-dimensional materials with point defects and Rashba coupling	
Supervisor/es:	Francisco Domínguez-Adame Acosta	
E-mail supervisor/es	adame@ucm.es	
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 la dinámica de los electrones en materiales bidimensionales. Explorar el estado del arte en el análisis teórico de este problema. Avanzar en la descripción de los fenómenos de transporte en estos materiales en presencia de defectos puntuales y del acoplamiento Rashba.

Metodología:

Se partirá de resultados previos [1], y la novedad será el análisis de los efectos de los defectos puntuales y el acoplamiento Rashba. Mediante el entorno de programación Kwant [2], basado en Python, se procederá a calcular la corriente eléctrica en estos materiales y el efecto de campos eléctricos aplicados. Para ello, se discretizará el Hamiltoniano de los electrones, en la aproximación de partículas independientes. El material se supondrá conectado a dos contactos ideales (fuente y drenador), y se obtendrá la corriente mediante la teoría de Büttiker-Landauer. El análisis incluirá diversos tipos de defectos puntuales (impurezas y vacantes) y distintas orientaciones del campo respecto a las superficies que delimitan la muestra.

Bibliografía:

- [1] Rashba coupling and spin switching through surface states of Dirac semimetals; Y. Baba, F. Domínguez-Adame, G. Platero and R. A. Molina
New Journal of Physics **23**, 023008 (2021).

- [2] <https://kwant-project.org/>



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales	
Título:	Dinámica electrónica en materiales bidimensionales	
Title:	Electron dynamics in two-dimensional materials	
Supervisor/es:	Francisco Domínguez-Adame Acosta	
E-mail supervisor/es	adame@ucm.es	
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 la dinámica de los electrones en materiales bidimensionales, como la superficie de aislantes topológicos o los dicalcogenuros de metales de transición. Explorar el estado del arte en el análisis teórico de este problema. Avanzar en la descripción de los estados electrónicos.

Metodología:

Se partirá de resultados previos [1, 2], y se analizará el efecto del desorden debido a defectos puntuales en algunos materiales bidimensionales, seleccionados por su interés básico y aplicado. Igualmente, se considerarán los estados excitados, descritos mediante excitones y triones, particularmente en dicalcogenuros de metales de transición. En una primera fase se hará hincapié en las propiedades espectrales (densidad local de estados), con la finalidad de caracterizar los estados y, si es posible, obtener posteriormente las magnitudes de transporte (corriente y conductividad eléctrica).

Bibliografía:

- [1] Excitons, trions and Rydberg states in monolayer MoS₂ revealed by low-temperature photocurrent spectroscopy; D. Vaquero, V. Clericò, J. Salvador-Sánchez, A. Martín-Ramos, E. Díaz, F. Domínguez-Adame, Y. M. Meziani, E. Diez and J. Quereda; *Communications Physics* **3**, 194 (2020).
- [2] Many-impurity scattering on the surface of a topological insulator; J. L. Hernando, Y. Baba, E. Díaz and F. Domínguez-Adame; *Scientific Reports* **11**, 5810 (2021).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales	
Título:	Efecto del desorden sobre los estados electrónicos en moléculas quirales	
Title:	Impact of disorder on electron states in chiral molecules	
Supervisor/es:	Elena Díaz García / Francisco Domínguez-Adame Acosta	
E-mail supervisor/es	elenadg@ucm.es / adame@ucm.es	
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 el efecto del desorden en los estados electrónicos de moléculas quirales como el ADN y α -hélices. Explorar el estado del arte de la investigación actual en el área. El trabajo previsto se centrará en el análisis de la dispersión (*scattering*) de electrones por defectos puntuales presentes en estas moléculas quirales (contraiones ligeros, moléculas de agua, etc).

Metodología:

La metodología será la habitual en el campo. Se partirá de modelos previos basados en la aproximación de electrones fuertemente ligados [2], que ahora deberá incluir la interacción de los electrones con defectos puntuales que rompen la simetría de traslación. La interacción de los electrones con los defectos se describirá mediante un potencial de contacto y se empleará la denominada *aproximación del potencial coherente* (CPA, por su acepción inglesa) para calcular la matriz de Green promedio [2]. Esta matriz permitirá determinar la densidad local de estados y analizar así el impacto de los defectos sobre la estructura electrónica de la molécula quiral.

Bibliografía:

- [1] E. Díaz, A. V. Malyshev and F. Domínguez-Adame. *Interband optical transitions in DNA-like systems*. Physical Review B **76**, 205117 (2007).
- [2] E. N. Economou. *Green's functions in quantum physics*, Springer, Berlin (2006).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales	
Título:	Estados topológicos en materiales de semi-Dirac	
Title:	Topological states in semi-Dirac materials	
Supervisor/es:	Francisco Domínguez-Adame Acosta	
E-mail supervisor/es	adame@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

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. Deberá familiarizarse las estructuras de bandas topológicas, particularizando el estudio a los materiales de semi-Dirac bidimensionales.

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 considerar el caso de una frontera donde se produzca inversión de bandas, para establecer las condiciones en las que pueden aparecer estados electrónicos protegidos topológicamente. Dado que estos materiales son altamente anisótropos, deberán analizarse diferentes orientaciones de la superficie respecto a los ejes cristalinos. Una vez finalizada esta fase, se analizará el efecto de campos eléctricos y/o magnéticos sobre la velocidad de Fermi de los electrones en estos estados de superficie.

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.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales	
Título:	Nanomagnetismo en sistemas curvilíneos	
Title:	Curvilinear nanomagnetism	
Supervisor/es:	Lucas Pérez García	
E-mail supervisor/es	lucas.perez@ucm.es	
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 curvilíneos.

Metodología:

Desde hace unos años, las nanoestructuras magnéticas están revolucionando distintos aspectos de la vida diaria. En los últimos años, el nanomagnetismo se está expandiendo hacia el estudio de sistemas con curvatura, 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:

- Fabricación y caracterización de sistemas magnéticos tridimensionales
- Nuevas texturas de espín asociadas a la curvatura
- Dinámica de imanación en nanoobjetos cilíndricos

Bibliografía:

- J. M. D. Coey. Magnetism and Magnetic Materials. Cambridge University Press.
- E Y Vedmedenko et al. The 2020 magnetism roadmap. J. Phys. D: Appl. Phys. 53 453001.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales	
Título:	Caracterización in-situ del crecimiento de materiales	
Title:	In-situ monitoring of materials growth	
Supervisor/es:	Arantzazu Mascaraque / Lucas Pérez García	
E-mail supervisor/es	a.mascaraque@ucm.es / lucas.perez@ucm.es	
Número de plazas:	1	
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, las propiedades físicas relevantes en el crecimiento de materiales.
- Conocer alguno de los sistemas actuales que permiten el seguimiento a tiempo real (in-situ) del crecimiento de materiales.

Metodología:

Las propiedades de los materiales están íntimamente ligados a su estructura. Por ello, en muchos casos, sobre todo en el caso de películas ultra-delgadas y recubrimientos, es básico monitorizar in-situ el crecimiento para garantizar que el material crece con la estructura y propiedades adecuadas.

Para la realización de este trabajo será necesario, inicialmente, revisar los conocimientos de Física del Estado Sólido relacionados con estructura cristalina y electrónica. Posteriormente, se plantean dos posibles aproximaciones entre las que el o la estudiante deberá elegir al menos una:

- Monitorización del crecimiento en ultra-alto vacío.
- Utilización de la radiación sincrotrón para la monitorización del crecimiento.

Bibliografía:

- J. M. Albella (ed). Láminas delgadas y recubrimientos. Biblioteca de Ciencias. CSIC. Madrid (2013).
- <https://lightsources.org/about-2/techniques/> (y referencias incluidas)



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de 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	
E-mail supervisor/es	anaur@ucm.es	
Número de plazas:	2	
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, el sensado de gases o como agente bactericida. 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 2021-22

Ficha de Trabajo de 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 Urbieto	
E-mail supervisor/es	anaur@ucm.es	
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 sensado de gases y fotocatalisis 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, dependiendo del transcurso del trabajo y de las condiciones sanitarias, se realizará algún experimento de sensado de gases y/o fotocatalisis.

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. Taddesse. J. Environ. Chem. Eng. 3 (2015) 1586-1591



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales	
Título:	Composites de ZnO basados en celulosa y polímeros para la electrónica flexible	
Title:	Composites of ZnO based in cellulose and polymers for flexible electronics	
Supervisor/es:	Ana Urbieta	
E-mail supervisor/es	anaur@ucm.es	
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 composites basados en celulosa o en polímeros 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 este tipo de soportes para la obtención de un material compuesto. De esta forma, se aprovecharán 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 y polímero/semiconductor. A continuación, 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 caracterización de dichos composites y sus propiedades de sensado de gases y luminiscentes.

Bibliografía:

D. Ponnammam J.J. Cabibihan, M. Rajan, S. Sundar Pethaia, K. Deshmukh, J. Prasad Gogoi, S.K. Khadheer Pasha, M. Basheer Ahamed, J.Krishnegowda, B.N. Chandrashekar, A. Reddy Polu, C. Cheng. Materials Science & Engineering C 98 (2019) 1210–1240
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 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales	
Título:	Simulaciones <i>ab initio</i> de Li intercalado en láminas de materiales 2D	
Title:	<i>Ab initio</i> Simulations of Li atoms in between 2D-layered materials	
Supervisor/es:	César González Pascual	
E-mail supervisor/es	cesar.gonzalez@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

Estudio de la estructura atómica y electrónica de una lámina de MoS₂, WS₂, WSe₂ o MoSe₂. Búsqueda de la estructura más estable para la inclusión de Li entre dos capas bidimensionales. [1].

Metodología:

Aprendizaje de la metodología de la teoría del funcional de la densidad (DFT). Manejo del código DFT-FIREBALL [2] para la determinación de las estructuras de adsorción más estables de los átomos de Li intercalados entre láminas de un material 2D.

Bibliografía:

[1] E. Cha, et al. Nature Nanotechnology 13 337–344 (2018)

[2] J. P. Lewis Phys. Status Solidi B 248, 1989–2007 (2011)



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales	
Título:	Estudio de las propiedades electrónicas de una lámina de MoS ₂ dopada mediante simulaciones ab initio	
Title:	Electronic properties of a doped-MoS ₂ monolayer: an <i>ab initio</i> study	
Supervisor/es:	César González Pascual y Juan Ignacio Beltrán Fínez	
E-mail supervisor/es	cesar.gonzalez@ucm.es; juanbelt@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

Estudio de la estructura electrónica de MoS₂. Análisis del cambio electrónico y estructural al introducir distintos elementos (O, N, F) en una vacante de S. [1]

Metodología:

Se realizarán simulaciones en el material bidimensional MoS₂ usando el código FIREBALL que está basado en la teoría del funcional de la densidad (DFT) [2]. 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:

- [1] K. Dolui, Ivan Rungger, C. D. Pemmaraju, and S. Sanvito Phys. Rev. B 88, 075420 (2013)
- [2] J. P. Lewis Phys. Status Solidi B **248**, 1989–2007 (2011)



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales	
Título:	Skyrmiones magnéticos	
Title:	Magnetic Skyrmions	
Supervisor/es:	María Varela del Arco	
E-mail supervisor/es	mvarela@ucm.es	
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 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales	
Título:	Técnicas avanzadas de microscopía aplicadas al estudio de nuevos materiales	
Title:	Advanced microscopy techniques applied to cutting-edge material systems	
Supervisor/es:	María Varela del Arco	
E-mail supervisor/es	mvarela@ucm.es	
Número de plazas:	2	
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, aplicadas principalmente al estudio de materiales avanzados. Ejemplos pueden incluir la aplicación de microscopía con corrección de aberración esférica al estudio de materiales de relevancia tecnológica, nuevas técnicas espectroscópicas como el dicroísmo de electrones, caracterización de nanomateriales, microscopía in-situ, medida de campos eléctricos con resolución atómica, microscopía electrónica en 4D, otras microscopías, técnicas avanzadas de análisis de datos (incluyendo rutinas de *deep learning*, *big data*, inteligencia artificial, etc) u otras.

Metodología:

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

Bibliografía:

"Scanning transmission electron microscopy", Stephen J. Pennycook & Peter Nellist. Springer, 2011. ISBN 978-1-4419-7200-2



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales	
Título:	Superconductividad	
Title:	Superconductivity	
Supervisor/es:	María Varela del Arco	
E-mail supervisor/es	mvarela@ucm.es	
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 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 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales	
Título:	Crecimiento de capas finas epitaxiales de materiales óxidos complejos.	
Title:	Growth process of complex oxide epitaxial thin films.	
Supervisor/es:	Víctor Rouco	
E-mail supervisor/es	vrouco@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

El trabajo tiene como principal objetivo la introducción del alumno en el crecimiento de capas finas ultradelgadas mediante la técnica de pulverización catódica o *sputtering*. Esta técnica es de gran interés tanto en el ámbito académico como industrial. Se pretende también que el alumno adquiera conocimiento sobre algunas de las técnicas y la metodología empleada para la caracterización estructural y funcional de las capas crecidas.

Metodología:

El proyecto de carácter experimental se desarrollará principalmente en una sala de ambiente controlado o sala blanca. En ella se crecerán capas finas de distintos materiales óxidos con diferentes espesores mediante *sputtering*.

Tras el proceso se caracterizarán dichas capas serán caracterizadas estructural y funcionalmente mediante difracción de rayos X y medidas de transporte eléctrico, respectivamente.

De no ser posible la realización del trabajo de forma experimental, se llevará a cabo una revisión bibliográfica de la técnica de *sputtering*, y de distintas aplicaciones y/o dispositivos obtenidos con ésta.

Bibliografía:

M. Dawber *Sputtering techniques for epitaxial growth of complex oxides* Woodhead Publishing Series in Electronic and Optical Materials (2015) Pages 31-45



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de 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	
E-mail supervisor/es	bianchi@ucm.es / enogales@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

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 2021-22

Ficha de Trabajo de 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	
E-mail supervisor/es	enogales@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

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 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales	
Título:	Nano-dispositivos para aplicaciones en Espintrónica: Uniones túnel magnéticas y válvulas de espín	
Title:	Nano-devices for Spintronics applications: Magnetic tunnel junctions and spin valves	
Supervisor/es:	Miguel Romera	
E-mail supervisor/es	miromera@uclm.es	
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. Los dispositivos de Espintrónica juegan un papel clave en la industria de cabezas lectoras y memorias magnéticas, y son muy prometedores para aplicaciones emergentes de gran relevancia como la Computación Neuromórfica (sistemas de computación inspirados en el cerebro humano, redes neuronales implementadas en hardware, etc).

El objetivo de este TFG es aprender los conceptos básicos de este campo de investigación:

- Corrientes polarizadas de espín en materiales ferromagnéticos.
- Transporte dependiente de espín: Magnetorresistencia Gigante y Magnetorresistencia Túnel.
- Manipulación de la imanación con una corriente polarizada de espín (sin campo magnético): Efecto de Transferencia de espín.

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:	FISICA DE MATERIALES	
Título:	Medidas de magnetorresistencia y efecto Hall en láminas ultradelgadas de óxidos de metales de transición	
Title:	Magnetoresistance and Hall effect measurements in transition metal oxides ultra-thin films	
Supervisor/es:	Javier Tornos Castillo	
E-mail supervisor/es	jtornosc@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

Estudio experimental de los fenómenos de magnetotransporte en láminas ultradelgadas de SrIrO_3

METODOLOGÍA:

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

Fabricación de barras Hall mediante técnicas de litografía óptica.

Medidas de magnetorresistencia y efecto Hall.

Análisis y discusión de los resultados experimentales.

BIBLIOGRAFÍA:

[1] Spin-Orbit Semimetal SrIrO_3 in the Two-Dimensional Limit. Physical Review Letters 119, 256403 (2017).

[2] Abrupt enhancement of spin-orbit scattering time in ultrathin semimetallic SrIrO_3 close to the metal-insulator transition. APL Materials 8, 051108 (2020)



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales	
Título:	Transporte de electrones polarizados en valle en dicalcogenuros	
Title:	Transport of valley-polarized electron in dichalcogenides	
Supervisor/es:	Pedro Hidalgo Alcalde	
E-mail supervisor/es	phidalgo@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

- Estudio del concepto de polarización de valle.
- Estudio de la valletrónica en dicalcogenuros de metales de transición (TMD's)
- Establecer de manera razonada las posibilidades de ampliar la valletrónica a otros materiales y desarrollar dispositivos integrados basados en polarización de valle.

Metodología:

Los dispositivos electrónicos estándar codifican bits de información controlando la cantidad de carga eléctrica en los circuitos. Alternativamente, es posible fabricar dispositivos que se basen en otras propiedades de los electrones además de su carga. Un nuevo concepto es la "valletrónica" en el que la información está codificada por el número cuántico de valle del electrón. La analogía entre el valle y los grados de libertad de espín también implica la posibilidad de la computación cuántica. En este trabajo el alumno deberá describir qué es la valletrónica y cómo está presente en materiales 2-D como los dicalcogenuros. Posteriormente deberá hacer una exposición razonada de las posibilidades de la incorporación de la cuantización de valles para el desarrollo de dispositivos cuánticos basados en dicha polarización de valle.

Bibliografía:

1. Isberg, J., Gabrysch, M., Hammersberg, J. *et al.* Generation, transport and detection of valley-polarized electrons in diamond. *Nature Mater* **12**, 760–764 (2013).
2. Liu, Y., Gao, Y., Zhang, S. *et al.* Valleytronics in transition metal dichalcogenides materials. *Nano Res.* **12**, 2695–2711 (2019).

3. Vitale, S. A.; Nezich, D.; Varghese, J. O.; Kim, P.; Gedik, N.; Jarillo-Herrero, P.; Xiao, D.; Rothschild, M. Valleytronics: Opportunities, Challenges, and Paths Forward. *Small* 2018, 14, 1801483



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales	
Título:	Micro y nanoestructuras basadas en Ni-Mn con aplicaciones en baterías	
Title:	Ni-Mn micro- and nanostructures for battery applications	
Supervisor/es:	David Maestre Varea	
E-mail supervisor/es	dmaestre@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

En los últimos años las baterías de ion-Litio (LiB, *Lithium ion Batteries*) han revolucionado la tecnología de almacenamiento de energía en dispositivos portátiles como teléfonos móviles y ordenadores portátiles y están llamadas a adquirir un creciente protagonismo en dispositivos integrados en redes eléctricas o vehículos eléctricos, entre otros campos tecnológicos [1]. El principal objetivo del TFG es el estudio de nanomateriales basados en óxidos de Ni-Mn empleados como electrodos en baterías de ion Li de nueva generación [2, 3]. Los objetivos generales del TFG son:

- Revisión bibliográfica del empleo de óxidos complejos basados en Ni-Mn como electrodos en baterías LIB.
- Estudio de micro y nanoestructuras de óxidos de Ni-Mn mediante técnicas avanzadas de caracterización con las que analizar las dimensiones, morfología, composición y propiedades electrónicas.

Metodología:

- Aprendizaje de herramientas de búsqueda bibliográfica.
- Organización y análisis de la información recogida y revisión bibliográfica.
- Fabricación y caracterización mediante diversas técnicas de microscopía y espectroscopía de nano- y microestructuras basadas en compuestos Ni-Mn.
- Discusión y análisis de resultados

Si la situación sanitaria no permitiese el desarrollo de la parte experimental del TFG, se emplearían algunos datos previamente adquiridos en el laboratorio y se desarrollaría con más detalle el bloque de revisión bibliográfica.

Bibliografía:

[1] Issues and challenges facing rechargeable lithium batteries. J. M. Tarascon y M. Armand. *Nature*, **414** (6861), 359-367 (2001).

[2] High-Energy Density Core–Shell Structured $\text{Li}[\text{Ni}_{0.95}\text{Co}_{0.025}\text{Mn}_{0.025}]\text{O}_2$ Cathode for Lithium-Ion Batteries D-W. Jun, C. S. Yoon, U.-H. Kim, Y.-K. Sun. *Chem. Mater*, **29**, 5048-5052 (2107).

[3] Nanostructured high-energy cathode materials for advanced lithium batteries. Y.-K. Sun, Z. Chen, H.-J. Noh, D.-J. Lee, H.-G. Jung, Y. Ren, S. Wang, C. S. Yoon, S.-T. Myung, K. Amine, *Nature Materials*, **11**, 942-947 (2012).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales	
Título:	Interacciones entre un material Superconductor tipo II y un material ferromagnético	
Title:	Interactions between a Type II Superconductor and a Ferromagnet	
Supervisor/es:	Álvaro Muñoz Noval y Elvira M. González	
Email supervisores:	Almuno06@ucm.es , cygnus@ucm.es	
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 2021-22

Ficha de Trabajo de 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	
E-mail supervisor/es	c.creffield@fis.ucm.es	
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 alumn@ investigará 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 alumn@ 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, la teoría de la ingeniería Floquet. Luego, aplicará una combinación de cálculos analíticos y simulaciones numéricas 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 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales	
Título:	Superfluidez y caos cuántico en sistemas dirigidos	
Title:	Superfluidity and quantum chaos in driven systems	
Supervisor/es:	Fernando Sols y Charles Creffield	
E-mail supervisor/es	f.sols@fis.ucm.es c.creffield@fis.ucm.es	
Número de plazas:	2	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

En primer lugar, familiarizaremos al alumno/a con los conceptos básicos de condensación de Bose-Einstein en una red óptica. A continuación, consideraremos el caso en el que el Hamiltoniano es "dirigido", es decir un parámetro del sistema se varía periódicamente en el tiempo a alta frecuencia. En esta situación en escalas de tiempo largas el sistema puede ser descrito por un modelo efectivo estático. El alumno/a estudiará el fenómeno de superfluidez del modelo efectivo, 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 realizarán cálculos analíticos para entender cómo es la dinámica efectiva de bosones sometidos a variaciones periódicas en un parámetro del Hamiltoniano, utilizando el análisis de Floquet. En el trabajo numérico se diagonalizará el Hamiltoniano efectivo para un sistema pequeño y se analizarán las propiedades del estado fundamental, así como la estadística de los niveles del espectro de energía que revelará la presencia de caos cuántico.

Bibliografía:

A J Leggett, *Quantum Liquids* (Oxford University Press, Oxford, 2006).
C E Creffield, G Pieplow, F Sols, N Goldman, *Realization of uniform synthetic magnetic fields by periodically shaking an optical square lattice*, [New Journal of](#)

[Physics 18, 093013 \(2016\)](#).

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 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales	
Título:	Uniones túnel con aplicaciones en sinapsis artificial.	
Title:	Tunnel junctions for artificial synapsis.	
Supervisor/es:	Víctor Rouco + Jacobo Santamaria	
E-mail supervisor/es	vrouco@ucm.es, jacsan@fis.ucm.es	
Número de plazas:	2	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

- Introducción al crecimiento de capas ultradelgadas $\sim 10\text{nm}$, y a los procesos de microfabricación [1]. Introducción a la caracterización funcional de microdispositivos con aplicaciones sinápticas [2] mediante medidas de transporte eléctrico.

Metodología:

El proyecto tiene un carácter experimental que consistirá en el crecimiento de heteroestructuras de óxidos mediante la técnica de *sputtering*, así como un proceso de microfabricación posterior para la fabricación de uniones túnel. Todo ello se desarrollará en un laboratorio de ambiente controlado o sala blanca.

La caracterización sináptica se realizará en un criostato de ciclo cerrado en un amplio rango de temperaturas $10 < T < 350 \text{ K}$. Se aplicarán pulsos eléctricos de radio frecuencia con distinta forma y amplitud con la finalidad de emular el comportamiento memristivo neuronal.

De no ser posible la realización experimental del mismo, se manejarán datos ya existentes y realizará una revisión bibliográfica del estado del arte de los memristores actuales [2], y de sus limitaciones.

Bibliografía:

[1] <https://www.youtube.com/watch?v=em6eNugcDYA>

[2] R. Guo et al. *Ferroic tunnel junctions and their application in neuromorphic networks* Appl. Phys. Rev. **7**, 011304 (2020)



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales	
Título:	Películas delgadas autoportadas epitaxiales de óxidos complejos, hacia una nueva generación de materiales bidimensionales.	
Title:	Freestanding oxide thin films, towards a new generation of 2D materials.	
Supervisor/es:	Víctor Rouco y Jacobo Santamaría	
E-mail supervisor/es	vrouco@ucm.es, jacsan@ucm.es	
Número de plazas:	2	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

El trabajo tiene como objetivo principal la transferencia y caracterización de películas delgadas de óxidos autoportadas con la idea de fabricar una nueva generación de materiales bidimensionales. Por otro lado, se pretende introducir al alumno en el ámbito de los materiales bidimensionales, y en las técnicas utilizadas de exfoliación y transferencia.

Metodología:

El proyecto de carácter experimental se desarrollará principalmente en una sala de ambiente controlado o sala blanca. En ella se crecerán capas finas ~10nm de diferentes materiales óxidos mediante *sputtering*. Tras el proceso de crecimiento, dichos materiales serán exfoliados [1] y transferidos [2] a nuevos substratos.

Se realizará una caracterización estructural y/o funcional mediante rayos X y medidas de transporte, respectivamente, antes y después de la exfoliación.

De no ser posible la realización del trabajo de forma experimental, se manejarán datos experimentales ya existentes y se llevará a cabo una revisión bibliográfica del estado del arte de la exfoliación de materiales óxidos, y/o bidimensionales.

Bibliografía:

[1] S.R. Bakaul et.al. Single crystal functional oxides on silicon Nature Communications 7, 10547 (2016)

[2] <https://www.youtube.com/watch?v=XPCiEhQGkbE>



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales	
Título:	Efecto de proximidad ferromagnético/superconductor en interfases de óxidos	
Title:	Ferromagnetic-superconducting proximity effect at oxide interfaces	
Supervisor/es:	Fabián Andrés Cuéllar y Jacobo Santamaria	
E-mail supervisor/es	jacsan@ucm.es ; facuella@ucm.es	
Número de plazas:	4	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

Fabricar heteroestructuras del superconductor YBCO y manganitas LXMO (X=Sr y Ca) en diferentes geometrías para estudiar el efecto de proximidad superconductor por medio de medidas de magnetotransporte. Analizar el papel que juegan los estados ferromagnéticos y medio metálico de las manganitas en los comportamientos observados.

Metodología:

Crecimiento de películas delgadas, fabricación de dispositivos por litografía electrónica, caracterización de dispositivos por medio de medidas de magnetotransporte en baja temperatura.

Escenario no-presencial: Estudio de los mismos fenómenos con datos adquiridos con anterioridad o en remoto y su análisis en base a resultados modelos teóricos existentes en la literatura.

Bibliografía:

Linder, J., Robinson, J. Superconducting spintronics. Nature Phys 11, 307–315 (2015)

A.I. Buzdin. Proximity effects in superconductor-ferromagnet heterostructures. Reviews of Modern Physics 77, 935 (2005)



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales	
Título:	Molibdatos de metales alcalinos y de transición como paradigma de materiales multifuncionales	
Title:	Alkaline and transition metal oxide molybdates as a paradigm of multifunctional materials	
Supervisor/es:	Carlos Díaz-Guerra Viejo	
E-mail supervisor/es	cdiazgue@ucm.es	
Número de plazas:	2	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

Los molibdatos simples $M^I_2MoO_4$ ó $M^{II}MoO_4$ (donde M^I es un metal alcalino monovalente y M^{II} un metal de transición o uno alcalino-térreo) se han utilizado tradicionalmente en catálisis, pero los avances en nuevas rutas de síntesis y su combinación con materiales basados en carbono han expandido recientemente su rango de aplicaciones. El objetivo del trabajo es llevar a cabo una revisión del estado del arte y las futuras perspectivas del uso de estos materiales, prestando especial atención a la conexión morfología - estructura - composición y su relación con las posibles prestaciones en las aplicaciones detalladas en el siguiente epígrafe.

Metodología:

El trabajo se basa en una revisión bibliográfica de los progresos recientes en la síntesis de molibdatos y sus *composites* con materiales basados en carbono (grafeno, óxido de grafeno, etc.) en relación a aplicaciones como:

- Baterías
- Supercondensadores
- Catálisis y fotocátalisis
- Aplicaciones biomédicas

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

Bibliografía:

[1] R.R. Dharmasena, A. Martínez-García, V. Atla, M.Z. Akram, G.U. Sumanasekera, M.K. Sunkara, *Batteries & Supercaps* **3** (2020) 275-283.

[2] R. Kumar, A. Sudhaik, P. Raizada, A. Hosseini-Bandegharaei, V. Kumar Thakur , A. Saini, V. Saini, Pardeep Singh, *J. Environ. Chem. Eng.* **8** (2020) 104291.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales	
Título:	Interacciones en grafeno	
Title:	Interactions in graphene	
Supervisor/es:	Fernando Sols	
E-mail supervisor/es	f.sols@ucm.es	
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 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 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales	
Título:	Radiación Hawking en gases cuánticos	
Title:	Hawking radiation in quantum gases	
Supervisor/es:	Fernando Sols	
E-mail supervisor/es	f.sols@ucm.es	
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. Se estudiará también la dinámica cuando algunos parámetros del sistema varían periódicamente en el tiempo.

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 incluirá desarrollos analíticos que serán la base de algunos cálculos numéricos.

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).
- J. R. M. de Nova, P. F. Palacios, I. Carusotto, F. Sols, *Long time universality of black-hole lasers*, New J. Phys. 23, 023040 (2021).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales	
Título:	Materiales para la economía circular I. Grafitos obtenidos del reciclado de baterías y otras fuentes para nuevos materiales y aplicaciones	
Title:	Materials for circular economy I. Graphites recycled from spent batteries and other sources for new materials and applications	
Supervisor/es:	Carlos Díaz-Guerra Viejo	
E-mail supervisor/es	cdiazgue@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

La economía circular, que constituye una línea de actuación prioritaria de la UE, busca que el valor de los materiales se mantenga durante el mayor tiempo posible, reduciendo la generación de residuos. Un ejemplo es la recuperación del grafito, considerado como un material estratégico tanto por EEUU como por la UE, procedente de baterías, que puede emplearse en nuevas baterías o convertirse en grafeno u óxido de grafeno para diferentes aplicaciones. El objetivo del trabajo es revisar el estado del arte y las futuras perspectivas de la obtención de grafito procedente de baterías usadas u otras fuentes y su empleo en las aplicaciones detalladas en el siguiente epígrafe.

Metodología:

El trabajo se basa en una revisión bibliográfica del estado del arte en el reciclado de grafitos procedentes fundamentalmente de baterías (vehículos a motor, teléfonos móviles, etc.) en relación a los siguientes aspectos:

- Obtención de grafeno y óxido de grafeno
- Uso en nuevas baterías y otros sistemas de almacenamiento de energía
- Uso en aplicaciones medioambientales

No obstante, en función del desarrollo del trabajo y el interés del alumno, existe la posibilidad de realizar algunas medidas experimentales relacionadas con el mismo.

Bibliografía:

- [1] N.V. Hao, N.V. Dang, D.H.Tung, et al., *RSC Adv.* **10** (2020) 41237-41247.
- [2] J.S.Ribeiro, M.B.J.G. Freitas, J.C.C.Freitas, *J. Environ. Chem. Eng.* **9** (2021) 104689.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales
Título:	Materiales para la economía circular II. Óxidos de metales de transición para aplicaciones medioambientales, catalíticas y optoelectrónicas obtenidos a partir del reciclado de baterías.
Title:	Materials for circular economy II. Transition metal oxides for environmental, catalytic and optoelectronic applications obtained from spent batteries.
Supervisor/es:	Carlos Díaz-Guerra Viejo
E-mail supervisor/es	cdiazgue@ucm.es
Número de plazas:	1
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

La economía circular constituye una línea de actuación prioritaria de la UE y busca que el valor de los materiales se mantenga durante el mayor tiempo posible, reduciendo la generación de residuos. Un ejemplo es la obtención de óxidos para aplicaciones catalíticas, medioambientales u optoelectrónicas a través del reciclado de baterías. El objetivo del trabajo es revisar el estado del arte y las futuras perspectivas de la obtención de estos óxidos a partir de las mencionadas fuentes, su caracterización y su empleo en las aplicaciones detalladas en el siguiente epígrafe.

Metodología:

El trabajo se basa en una revisión bibliográfica del estado del arte en la obtención y caracterización de óxidos de interés tecnológico procedentes de baterías (vehículos a motor, teléfonos móviles, etc.) en relación a estos aspectos:

- Aplicaciones electrónicas u optoelectrónicas
- Aplicaciones fotocatalíticas
- Aplicaciones en la eliminación de contaminantes ambientales

No obstante, en función del desarrollo del trabajo y el interés del alumno, existe la posibilidad de realizar algunas medidas experimentales relacionadas con el mismo.

Bibliografía:

[1] M. Maroño, I. Ortiz, J.M. Sánchez, et al., *Chem. Eng. J.*, 419 (2021) 129669.

[2] L.Wang, Y. Gu, J. Wei, X. Wu, *Environ. Technol. Innov.* **18** (2020) 100732.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales	
Título:	Optimización de la figura de mérito termoeléctrico en sistema aperiódicos	
Title:	Thermoelectric figure of merit optimization in aperiodic systems	
Supervisor/es:	Enrique Maciá Barber	
E-mail supervisor/es	emaciaba@fis.ucm.es	
Número de plazas:	2	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

Comprender la relación entre las estructuras cristalina y electrónica de un material y sus propiedades de transporte eléctrico y térmico, con vistas a la optimización de su figura de mérito termoeléctrico.

Analizar el papel del orden aperiódico de largo alcance en el contexto de los materiales estructuralmente complejos.

Metodología:

El trabajo podrá incluir tanto revisión de literatura como desarrollo de aspectos teóricos del tema. Las tareas específicas y su secuenciación se discutirán y decidirán entre supervisor y estudiante.

Bibliografía:

“Thermoelectric Materials: Advances and Applications”, E. Maciá-Barber (Pan Stanford, Singapore, 2015).

“Quasicrystals: Fundamentals and Applications”, E. Maciá-Barber (CRC Press, Boca Raton, 2021).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales	
Título:	Superficies con propiedades omnifóbicas	
Title:	Surfaces with omniphobic properties	
Supervisor/es:	Óscar Rodríguez de la Fuente y Noemí Carmona Tejero	
E-mail supervisor/es	osrodrig@ucm.es ; ncarmona@ucm.es	
Número de plazas:	2	
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 superficies 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 2021-2022

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	
E-mail supervisor/es	mariarum@ucm.es ; bianchi@ucm.es	
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 2021-2022

Ficha de Trabajo Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales	
Título:	Materiales magnéticos para aplicaciones en biosensores y en el campo biomédico	
Title:	Magnetic materials for application in biosensors	
Supervisor/es:	Pilar Marín Palacios	
E-mail supervisor/es	mpmarin@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

Realizar un estudio bibliográfico relacionado con la utilización de materiales magnéticos para biosensores. El objetivo fundamental es que el alumno tome conciencia de las últimas investigaciones realizadas en materiales magnéticos con propiedades interesantes para este tipo de aplicaciones. El estudio se centrará en magnetorresistencia gigante, magnetoimpedancia gigante y resonancia magnetoelástica.

El estudio se centrará en res para detección de tensiones mecánicas en el campo de la cirugía cardiovascular y en biorreactores celulares

METODOLOGÍA:

- Se realizarán reuniones periódicas para el seguimiento de la actividad del alumno
- Visita a los laboratorios de magnetismo para que el alumno conozca el tipo de materiales objeto de estudio
- Realización de algún trabajo experimental que complemente la formación

BIBLIOGRAFÍA:

M. Hernando- Rydings et al., J Am Heart Assoc. 2016 Jul; 5(7): e003608. Development of a Telemetric System for Postoperative Follow-up of Vascular Surgery Procedures: In Vitro Model.

C Herrero-Gómez, P Marín, A Hernando, Appl. Phys. Lett. 103(14) (2013) 142414, Bias free magnetomechanical coupling on magnetic microwires for sensing applications

P Marín, M Marcos, A Hernando, App. Phys. Lett. 96(26) (2010) High magnetomechanical coupling on magnetic microwire for sensors with biological applications



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-2022

Ficha de Trabajo Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales	
Título:	Hipertermia magnética mediante microhilos magnéticos	
Title:	Magnetic microwires for magnetic hyperthermia	
Supervisor/es:	Pilar Marín Palacios/ Patricia de la Presa Muñoz de Toros	
E-mail supervisor/es	mpmarin@ucm.es ; pmpresa@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

Realizar un estudio bibliográfico relacionado con hipertermia magnética en nanopartículas y microhilos magnéticos. El objetivo fundamental es que el alumno relacione la respuesta magnética en de materiales micro y nanométricos en campos de frecuencia de KHz con la capacidad para generar energía térmica. Se hará algún experimento relacionado con hipertermia utilizando microhilos magnéticos.

METODOLOGÍA:

- Se realizarán reuniones periódicas para el seguimiento de la actividad del alumno
- Visita a los laboratorios de magnetismo de la UCM para que el alumno conozca el tipo de materiales objeto de estudio
- Realización de algún trabajo experimental que complemente la formación

BIBLIOGRAFÍA:

Morales, I., Archilla, D., de la Presa, P. *et al.* Colossal heating efficiency via eddy currents in amorphous microwires with nearly zero magnetostriction. *Sci Rep* **10**, 602 (2020).

De la Presa P., Luengo Y., Velasco V., Morales M.P., Iglesias M., Veintemillas-Verdaguer S., Crespo P., Hernando A. *J. Phys. Chem. C* 2012, 116, 48, 25602–25610 (2012)



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales	
Título:	Crecimiento y caracterización de nanomateriales magnéticos	
Title:	Growth and characterization of magnetic nanomaterials	
Supervisor/es:	Rocío Ranchal Sánchez	
E-mail supervisor/es	rociran@ucm.es	
Número de plazas:	2	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

Aprendizaje de técnicas de crecimiento para desarrollo de nanomateriales magnéticos. Aprendizaje de técnicas de caracterización de materiales.

Tendencias actuales en el campo de los dispositivos magnéticos.

Búsqueda y análisis de bibliografía relacionada con la temática.

Metodología:

Se propone un trabajo experimental, pero con posibilidad de realizarlo de manera bibliográfica según las condiciones sanitarias lo aconsejen o así se decida por parte del estudiante que lo escoja. Como tema experimental se propone el crecimiento de nanosistemas magnéticos para su posterior caracterización con el foco puesto en su uso en dispositivos magnéticos. En caso de que no sea posible, o que no sea la opción preferente del estudiante, se realizará una revisión bibliográfica de nanomateriales magnéticos, crecimiento y aplicación en el campo de los dispositivos magnéticos.

Bibliografía:

J. M. D. Coey, Magnetism and Magnetic Materials (Cambridge University Press, 2010).
Artículos científicos relacionados con la temática.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales	
Título:	Óxidos semiconductores para el siglo XXI	
Title:	Semiconductor oxides for the XXI st century	
Supervisor/es:	Paloma Fernández Sánchez	
E-mail supervisor/es	arana@fis.ucm.es	
Número de plazas:	2	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

Los óxidos semiconductores están recibiendo un interés creciente a partir de sus posibles aplicaciones en aspectos destacados entre los objetivos para el desarrollo sostenible (ODS) establecidos por la ONU. El objetivo de este trabajo es realizar una revisión bibliográfica sobre estas perspectivas actuales de los óxidos semiconductores, y sus posibles aplicaciones en el campo de la energía y la remediación ambiental. En particular nos centraremos en materiales para sensores y fotocatalisis

METODOLOGÍA:

Se realizará un análisis preliminar del papel de los óxidos semiconductores en relación con los ODS establecidos por la ONU. A continuación, se estudiará el potencial real en algunas aplicaciones seleccionadas. Dependiendo de la marcha del trabajo, se planteará la posibilidad de complementarlo con alguna medida experimental relacionadas con aspectos como el sensado de gases o los procesos de fotocatalisis.

BIBLIOGRAFÍA:

Xinge Yu et al, Nature Materials (2016) Vol. 15 (4), 383-396
Ananya Dey et al, Materials Science and Engineering B: Solid-State Materials for Advanced Technology, (2018) Vol. 229, 206-217
Photocatalytic Applications of Metal Oxides for Sustainable Environmental Remediation, Danish et al Metals 2021, 11, 80.
<https://doi.org/10.3390/met11010080>



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales	
Título:	Visualización de la densidad de carga con resolución atómica mediante técnicas 4D STEM	
Title:	Atomic resolution charge density imaging by 4D STEM techniques.	
Supervisor/es:	Gabriel Sánchez Santolino	
E-mail supervisor/es	gsanchezsantolino@ucm.es	
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 técnicas avanzadas de caracterización como la microscopía electrónica de transmisión con barrido en 4D (4D STEM).

Metodología:

La metodología 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, contraste diferencial de fase y técnicas 4D STEM.
- Caracterización experimental de la distribución de densidad de carga en materiales con resolución atómica.
- Análisis computacional de datos.

Bibliografía:

- Stephen J. Pennycook & Peter Nellist, *Scanning transmission electron microscopy*, Springer, 2011.
- Zheng, Q., et al., *Direct visualization of anionic electrons in an electride reveals inhomogeneities*. Science Advances, 7(15), 2021.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de 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	
E-mail supervisor/es	elenadg@ucm.es / mariarum@ucm.es	
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 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. Estudiar 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 requiere 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 .



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales	
Título:	Imanes 2D	
Title:	2D Magnets	
Supervisor/es:	Arantzazu Mascaraque / Miguel A. González Barrio	
E-mail supervisor/es	arantzazu.mascaraque@fis.ucm.es , mabarrio@fis.ucm.es	
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 aparecen en sistemas bidimensionales (2D).

Los imanes 2D recientemente descubiertos (2017) son particularmente atractivos debido a sus propiedades exóticas o emergentes. Por ejemplo, una bicapa de CrI_3 exhibe magnetoresistencia túnel gigante gigante. La banda prohibida, la distancia entre capas, la temperatura de Curie y la anisotropía magnética de los imanes 2D pueden manipularse mediante modificación química, dopaje o adsorción química. Además, el orden magnético en una bicapa de CrI_3 se puede cambiar entre antiferro- y ferromagnético mediante un campo eléctrico. Hasta ahora, las temperaturas de transición magnética son muy bajas, pero existen estrategias prometedoras que pueden conducir con éxito al descubrimiento de nuevos materiales 2D con propiedades magnéticas mejoradas.

METODOLOGÍA:

Para la realización de este trabajo será necesario, inicialmente, revisar la bibliografía relativa a los imanes 2D.

- Estudio de la bibliografía recomendada.

- Análisis de la situación actual a través de algunos artículos científicos relevantes sobre aplicaciones del tema.

Posteriormente, se plantean varias posibles aproximaciones entre las que el o la estudiante deberá elegir al menos una:

- Estudio de las propiedades emergentes que aparecen en los sistemas puramente bidimensionales que exhiben propiedades magnéticas.

- Estrategias para el desarrollo de nuevos imanes 2D y sus futuras aplicaciones.

BIBLIOGRAFÍA

M. Gibertini et al. *Nat. Nanotechnol.* **14** (2019) 408

T. Song et al. *Science* **360** (2018) 1214

S. Rhone et al. *Sci. Rep.* **10** (2020) 15795

M. Abramchuk, et al. *Adv. Mater.* **30** (2018) 1801325; Ch. Tang, et al. *J. Mater. Chem.* **C 8** (2020) 14948



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

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:	Arantzazu Mascaraque / Miguel A. González Barrio	
E-mail supervisor/es	arantzazu.mascaraque@fis.ucm.es , mabarrio@fis.ucm.es	
Número de plazas:	2	
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 (DMI), 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:

Para la realización de este trabajo será necesario, inicialmente, revisar la bibliografía en la interacción DMI.

.- Estudio de la bibliografía recomendada.

.- Análisis de la situación actual a través de algunos artículos científicos relevantes sobre aplicaciones del tema.

Posteriormente, se plantean varias posibles aproximaciones entre las que el o la estudiante deberá elegir al menos una:

.- Estudio de la estabilización de estructuras magnéticas no colineales: paredes de dominio, *skyrmiones*, burbujas magnéticas etc.

.- Realización de simulaciones micromagnéticas de estructuras magnéticas no colineales usando el OMMF y/o Mumax.

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://mumax.github.io/>

<https://math.nist.gov/oommf/>



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales	
Título:	Una aproximación experimental al estudio de los materiales cuánticos	
Title:	An experimental approach to quantum materials	
Supervisor/es:	Arantazu Mascaraque / Miguel A. González Barrio	
E-mail supervisor/es	arantazu.mascaraque@fis.ucm.es , mabarrio@fis.ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa <input type="checkbox"/>	Selección por expediente <input checked="" type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

Comprender las propiedades electrónicas de los sólidos cuya estructura electrónica no puede entenderse usando el modelo de electrones cuasi-libres.

El modelo de electrones cuasi-libres es el modelo más sencillo posible que explica la diferencia entre metales y aislantes, la estructura de bandas y la aparición de *gaps*. Se basa en dos suposiciones fundamentales: (i) las interacciones entre electrones son irrelevantes y pueden ignorarse (aproximación de electrones independientes); (ii) los electrones se mueven en un potencial periódico débil. Sin embargo, lógicamente, existen muchos sólidos cuyas propiedades no pueden explicarse mediante un modelo tan sencillo. A este conjunto de materiales se los ha denominado recientemente “materiales cuánticos”. Pertenecen a esta amplia categoría el grafeno, los materiales 2D, los aislantes topológicos, los materiales Jano, los semimetales Weyl, los líquidos de Luttinger, los materiales spin-torque, y un largo etc.

METODOLOGÍA:

Para la realización de este trabajo será necesario, inicialmente, revisar la bibliografía relativa a los materiales cuyas propiedades no pueden explicarse mediante el modelo de electrones cuasi-libres, bien por presencia de otras interacciones, bien por la ruptura de la simetría.

.- Estudio de la bibliografía recomendada.

.- Análisis de la situación actual a través de algunos artículos científicos relevantes sobre aplicaciones del tema.

Posteriormente, se plantean varias posibles aproximaciones entre las que el o la estudiante deberá elegir al menos una:

.- Estudio de las propiedades emergentes que aparecen en materiales cuánticos.

.- Estrategias para las futuras aplicaciones de materiales cuánticos.

BIBLIOGRAFÍA

B. Keimer, J.E. Moore, *Nature Physics* **13**, 1045 (2017)

F. Giustino et al. *J. Phys. Mater.* **3**, 042006 (2020)



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales	
Título:	Física del estado sólido en óxidos a partir de simulaciones de primeros principios.	
Title:	Solid State Physics in oxides from first principles simulations.	
Supervisor/es:	Juan Ignacio Beltrán Fínez	
E-mail supervisor/es	juanbelt@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de Carolina, Eugenia y Daniel:	Selección directa <input type="checkbox"/>	Selección por expediente <input checked="" 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 emergentes. El objetivo del TFG será el de usar un código DFT para simular las propiedades electrónicas (densidades de estados, relaciones de dispersión ...), estructurales (módulo de Young, ferroelectricidad ...) y/o magnéticas (momentos magnéticos...) de óxidos periódicos en 3 y 2 dimensiones.

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 tendrá que usar un ordenador 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)