



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2024-25



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales
Título:	Materiales magnéticos
Title:	Magnetic materials
Tutor/es:	Rocío Ranchal Sánchez
E-mail tutor/es:	rociran@ucm.es
Número de plazas:	4
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

El objetivo general de este TFG es alcanzar un conocimiento más profundo sobre el magnetismo de materiales, además de ampliar el estudio a sistemas magnéticos que se están investigando en la actualidad. De acuerdo a los intereses del/de la estudiante que elija este TFG, se definirá la temática concreta que puede estar incluida dentro de los campos de : magnetoelasticidad, película delgada, energía o sensores.

Metodología:

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

Bibliografía:

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



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2024-25



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales
Título:	Hidrodinámica electrónica en sistemas bidimensionales
Title:	Electronic hydrodynamics in 2D systems
Tutor/es:	Elena Díaz García y Jorge Estrada Álvarez
E-mail tutor/es:	elenadg@ucm.es, jorgestr@ucm.es
Número de plazas:	1
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

El flujo viscoso de electrones en materiales bidimensionales da lugar a muchos efectos exóticos, como la conducción superbalística o la formación de flujos electrónicos en forma de remolino. La existencia de este tipo de flujo viene marcada fundamentalmente por las escalas espaciales asociadas a los eventos de scattering elástico (colisiones entre electrones) e inelástico (colisiones con defectos y fonones). Además la interacción con los bordes del sistema también resulta crucial, de manera que un diseño geométrico apropiado puede dar lugar a una optimización de la respuesta eléctrica del dispositivo.

En este trabajo se realizará un amplio estudio bibliográfico sobre hidrodinámica electrónica, incidiendo en las similitudes y diferencias con la hidrodinámica de fluidos tradicional. Se estudiará la metodología para la resolución de la respuesta eléctrica de dispositivos bidimensionales sencillos a través de la ecuación de Nav

Metodología:

Inicialmente se analizará una amplia bibliografía sobre hidrodinámica electrónica, así como sobre los modelos basados en la ecuación de Boltzman y de Navier-Stokes para el estudio de transporte en sistemas de baja dimensionalidad.

Se utilizará Matlab, u otro software similar, para simular algún dispositivo sencillo a través de la ecuación de Navier-Stokes. Usando el mismo software se realizarán figuras que representen la resistencia, la caída de potencial y la corriente en el dispositivo para intentar reproducir alguno de los resultados exóticos como la conducción superbalística.

En el caso de que el estudiante avance adecuadamente se plantearía que él mismo escribiera su propio código de programación.

Bibliografía:

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



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2024-25



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales
Título:	Estudio de propiedades ópticas y eléctricas de óxidos cerámicos
Title:	Study of optical and electrical properties of ceramic oxides
Tutor/es:	Paloma Fernández Sánchez
E-mail tutor/es:	arana@ucm.es
Número de plazas:	1
Asignación de TFG:	Asignación directa

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 la fabricación y caracterización óptica y eléctrica de óxidos semiconductores con aplicaciones en campos tan diversos como la remediación ambiental o la fabricación de dispositivos optoelectrónicos.

Metodología:

En primer lugar se realizará una revisión bibliográfica. A continuación se explorarán las posibles rutas de fabricación de las muestras y se realizará una caracterización completa de las muestras crecidas.

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 2024-25



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

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

Objetivos:

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

Metodología:

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

Con esta información se tratará de detectar el origen de las dificultades de comprensión más frecuentes 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.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2024-25



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales
Título:	Caracterización de bancos superconductores con separación nanométrica por F.I.B.
Title:	Characterization of superconducting banks with nanometrical separation by F.I.B.
Tutor/es:	Fabián Andrés Cuéllar J. y Sara Rodríguez Corvillo
E-mail tutor/es:	facuella@ucm.es, srodri13@ucm.es
Número de plazas:	1
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

Analizar la topografía de hilos procesados del superconductor $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$, medida por medio de microscopía de fuerza atómica.

Analizar la respuesta eléctrica de hilos procesados del superconductor $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$, obtenida por medio de medidas de transporte en baja temperatura.

Determinar por medio de los análisis realizados si ha habido afectación o supresión de la superconductividad del sistema, usando como parámetros principales la temperatura de transición superconductora y la resistividad del sistema final.

Determinar la presencia o ausencia de características propias del efecto Josephson en el dispositivo final.

Metodología:

Se realizará la nanofabricación de hilos de $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ con litografía y un procesado con Focused Ion Beam para realizar una separación nanométrica (~ 100 nm) en los hilos estudiados.

Se realizará caracterización de la topografía de los dispositivos resultantes por microscopía de fuerzas atómicas, y se realizará caracterización eléctrica por medidas de transporte en baja temperatura en un criostato de ciclo cerrado.

Se observará cómo afecta el procesado a la transición superconductora de los hilos fabricados, y se analizará el comportamiento eléctrico para ver si hay efecto Josephson entre los bancos superconductores, o si se ha dañado el hilo durante el procesado.

Bibliografía:

Superconductividad, M.A. Alario, J.L. Vicent, Eudema, 1991

The Josephson effect in superconductive tunneling structures, I.O. Kulik, I.K. Yanson, I.P. for Scientific Translations

Supercond. Sci. Technol. 36 (2023) 074002



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2024-25



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales
Título:	Midiendo campos magnéticos neurales
Title:	Measuring neural magnetic fields
Tutor/es:	Lucas Pérez García
E-mail tutor/es:	lucas.perez@ucm.es
Número de plazas:	2
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

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

Metodología:

Cada uno de los o las estudiantes con el trabajo asignado tendrá que elegir una de estas dos temáticas:

- .- Detección de campos magnéticos en la práctica clínica: magnetoencefalografía.
- .- Detección de campos magnéticos con dispositivos en fase experimental.

En ambos casos el trabajo constará de dos partes:

1. Revisión bibliográfica de los distintos sistemas que se utilizan para la detección de campos neurales.
2. 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. Pract. Neurol. 14 (2014) 336
E. Boto et al. Nature 255 (2018) 657
L. Caruso et al. Neuron 95 (2017) 1283



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2024-25



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales
Título:	Selectividad de espín en moléculas quirales
Title:	Spin selectivity in chiral molecular systems
Tutor/es:	Elena Díaz García
E-mail tutor/es:	elenadg@ucm.es
Número de plazas:	1
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

Revisión bibliográfica del fenómeno de la selectividad de espín en moléculas quirales. Estudiar los distintos enfoques experimentales donde se ha demostrado la existencia de este fenómeno.

Analizar los diferentes modelos teóricos más utilizados en la descripción del mismo. Por último se realizará una valoración de los posibles efectos de este fenómeno en el desarrollo del área de la espintrónica.

Metodología:

Se realizará un análisis, tanto en libros de referencia de transporte de carga y espín en sistemas moleculares, como en artículos científicos, sobre el origen fundamental del fenómeno de selectividad de espín por quiralidad. Se obtendrá información en artículos científicos sobre los diferentes tipos de metodología experimental y de modelización para comprender el origen de este fenómeno.

A la vista del avance del trabajo se podrá plantear una pequeña simulación basada en ecuaciones no lineales para la propagación de polarones dependiente de espín.

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] Spin-dependent polaron transport in helical molecules M. Barroso, J. Balduque, F. Domínguez-Adame and E. Díaz, Applied Physics Letters 121, 143505 (2022).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2024-25



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales
Título:	Cavidades fotónicas en nanohilos y nanomembranas
Title:	Photonic cavities in nanowires
Tutor/es:	Emilio Nogales
E-mail tutor/es:	enogales@ucm.es
Número de plazas:	2
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

- Entender la física de las microcavidades ópticas y su aplicación a dispositivos emisores de luz sintonizable.
- Analizar, mediante cálculos por el método de la matriz de transferencia (TMM) y/o simulaciones basadas en diferencias finitas en el dominio temporal (FDTD), microcavidades ópticas integradas en nanohilos y/o nanomembranas de óxidos semiconductores.

Metodología:

Primer bloque: comprender los fundamentos de las microcavidades ópticas, clave en muchos dispositivos fotónicos, a través de la *bibliografía*. Dichas microcavidades se pueden basar, por ejemplo, en cristales fotónicos o en reflectores de Bragg (DBR). Sus aplicaciones van desde las fuentes de luz sintonizables a los nanoláseres, pasando por sensores de temperatura, memorias cuánticas, filtros ópticos, interruptores ópticos activos o biosensores. En este trabajo se aplicará esta idea a nanohilos (cuasi-1D) o a nanomembranas (cuasi-2D) de óxidos semiconductores emisores de luz.

Segundo bloque: los parámetros de microcavidades basadas en DBRs cuasi-1D o cuasi-2D se definirán con el método de la matriz de transferencia (*transfer-matrix method*, TMM) y/o un software comercial de *simulación* mediante diferencias finitas en el dominio temporal (*finite-difference time-domain*, FDTD), buscando la optimización de sus características en diferentes rangos del espectro visible-ultravioleta.

Se contempla la posibilidad de realizar experimentos de micro-espectroscopía de luminiscencia en el laboratorio del grupo "Física de nanomateriales electrónicos" del Departamento, comparando estos resultados con los de las simulaciones.

Bibliografía:

- *Optoelectronics and photonics: Principles and practices*, S.O. Kasap, Pearson (2001)
- *Modal Analysis of β -Ga₂O₃:Cr Widely Tunable Luminescent Optical Microcavities*, M. Alonso-Orts, E. Nogales et al. *Physical Review Applied* 9, 064004 (2018)
- *Wide Dynamic Range Thermometer Based on Luminescent Optical Cavities in Ga₂O₃:Cr Nanowires*, M. Alonso-Orts et al., *Small* 18, 2105355 (2022)



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2024-25



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales
Título:	Óxido de galio: una alternativa real de gap ultra ancho a otros semiconductores
Title:	Gallium oxide: a true ultra-wide bandgap alternative to other semiconductors
Tutor/es:	Emilio Nogales, Bianchi Méndez
E-mail tutor/es:	enogales@ucm.es, bianchi@ucm.es
Número de plazas:	2
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

- 1) Conocimiento del estado del arte respecto al interés del óxido de galio, Ga_2O_3 , para su uso en electrónica de alta potencia.
- 2) Estudio de las propiedades ópticas y electrónicas en nanomateriales dopados basados en Ga_2O_3 .

Metodología:**Metodología:**

En este trabajo se llevará a cabo un estudio de las propiedades ópticas y electrónicas de un material objeto de un gran interés en la comunidad científica por sus propiedades físicas.

Por un lado, se hará una revisión de los últimos logros conseguidos en la aplicación del Ga_2O_3 en dispositivos de alta potencia en electrónica, con aplicaciones en entornos y condiciones extremas. Se estudiarán en concreto distintos formatos de dispositivos en función de los materiales (semiconductores, metales) que formen intercara con el Ga_2O_3 y el uso de semiconductores ternarios basados en él.

Por otra parte, se estudiarán las propiedades del Ga_2O_3 nanoestructurado y dopado con diversos elementos. En concreto, nanoestructuras tipo nanohilos y nanomembranas, que pueden mejorar varios aspectos de cara a sus aplicaciones.

En ambos casos 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 et al. "A review of Ga_2O_3 materials, processing and devices" *Appl. Phys. Rev.*, 5, 011301 (2018).
- M. Alonso-Orts, D. Carrasco, J. M. San Juan, M. L. Nó, A. de Andrés, E. Nogales, B. Méndez "Wide dynamic range thermometer based on luminescent optical cavities in $\text{Ga}_2\text{O}_3:\text{Cr}$ nanowires", *Small* 18, 2105355 (2022)
- M.J. Tadjer, "Toward gallium oxide power electronics", *Science* 378, 724 (2022)



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2024-25



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales
Título:	Adaptar el instrumento PPMS a medidas de resistencia en condiciones extremas
Title:	Adapting the PPMS instrument to resistance measurements in extreme conditions
Tutor/es:	Norbert M. Nemes
E-mail tutor/es:	nmnemes@ucm.es
Número de plazas:	2
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

El instrumento comercial PPMS de Quantum Design Inc. se usa en la mayoría de laboratorios punteros a nivel mundial y nacional. El instrumento es capaz de medir resistencias entre microOhm y MOhm, entre 2 y 400 K, en varios campos magnéticos. No obstante, a menudo es necesario medir 1. resistencias de mayor valor, 2. y/o en temperaturas más elevadas. 3. o efecto Hall simultáneamente con magnetotransporte asimétrico en campo: Exchange bias, o la curva virgen del efecto anómalo Hall, 4. o para estudiar el efecto Hall de muestras de alta resistencia que driftea.

El objetivo de este TFG es diseñar e implementar adendas al instrumento para extender sus habilidades de medida de transporte eléctrico.

Metodología:

La metodología consiste en 1. diseño, 2. fabricación, 3. experimentos, 4. data análisis, en manera circular: primero se diseña un esquema/circuito de medida de resistencia empleando la fuente de corriente y nanovoltímetro del PPMS para adaptarlo a medir resistencias en varias condiciones extremas, según el sub-tema elegido.

2 plazas: ambos alumnos eligen diferenciadamente entre cualquiera de los distintos temas propuestos.

Bibliografía:

- Physical Property Measurement System, Resistivity Option User's Manual 1076-100-B0, Quantum Design. Inc.
- van der Pauw, L.J. (1958). "A method of measuring specific resistivity and Hall effect of discs of arbitrary shape" (PDF). Philips Research Reports. 13: 1 -9.
- van der Pauw, L.J. (1958). "A method of measuring the resistivity and Hall coefficient on lamellae of arbitrary shape" (PDF). Philips Technical Review. 20: 220 -224.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2024-25



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales
Título:	Materiales bidimensionales basados en óxidos: retos actuales y perspectivas de aplicación
Title:	Oxide-based 2D materials: challenges and roadmap for applications
Tutor/es:	David Maestre y G. Cristian Vásquez
E-mail tutor/es:	dmaestre@ucm.es, gc.vasquez@ucm.es
Número de plazas:	1
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

- Realizar una revisión bibliográfica de la investigación actual centrada en los óxidos metálicos bidimensionales.
- Estudiar los retos actuales y perspectivas de futuro de estos materiales, así como las aplicaciones basadas en ellos.
- El TFG podrá complementarse con un estudio experimental basado en la síntesis y caracterización de algunos ejemplos de óxidos metálicos en forma 2D y nano-membranas.

Metodología:

- Aprendizaje de herramientas de búsqueda bibliográfica.
- Organización y análisis de la información recogida y revisión bibliográfica.
- Discusión y análisis de resultados.
- Introducción al método científico.

Bibliografía:

- [1] M. Shrivastava y V. Ramgopal Rao. "A Roadmap for Disruptive Applications and Heterogeneous Integration Using Two-Dimensional Materials: State-of-the-Art and Technological Challenges", Nano Lett. 21, 6359 (2021).
- [2] P. Kumbhakar, C. C. Gowda, P.L. Mahapatra et al. "Emerging 2D metal oxides and their applications". Materials Today, 45, 142-168 (2021)
- [3] S. Kaushik y R. Singh. "2D Layered Materials for Ultraviolet Photodetection: A Review", Adv. Optical Mater. 9, 2002214 (2021).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2024-25



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales
Título:	Simulaciones de microscopía túnel en materiales 2D
Title:	Simulating the tunneling current in 2D materials
Tutor/es:	César González Pascual
E-mail tutor/es:	cesar.gonzalez@ucm.es
Número de plazas:	1
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

Aprendizaje de la metodología de funciones de Green-Keldysh para el cálculo de transporte electrónico para obtener la expresión de la corriente en un microscopio de efecto túnel [1]. Aprendizaje de la teoría del funcional de la densidad para la determinación de la estructura atómica y electrónica de las superficies a estudiar, mediante el uso del código FIREBALL [2], Obtención de imágenes STM con un software propio y comprobación de los parámetros importantes en la imagen final. Se recomiendan conocimientos de Linux.

Metodología:

Se comenzará reproduciendo resultados previos usando materiales sencillos como grafeno o MoS2 y se compararán los resultados con resultados de la literatura [1, 3]. Se estudiará el efecto del cambio del voltaje, de la altura de la punta o de la naturaleza de la punta en la imagen STM simulada sobre diversos materiales 2D con defectos puntuales. Finalmente, se podrá estudiar el régimen de contacto y el efecto de los cambios estructurales en la corriente túnel.

Bibliografía:

- [1] "Theoretical study of carbon-based tips for scanning tunnelling microscopy" C. González, E. Abad, Y. J. Dappe, J. C. Cuevas. *Nanotechnology* 27, 105201 (2016)
- [2] "Advances and applications in the FIREBALL ab initio tight-binding molecular-dynamics formalism" J. P. Lewis et al. *Phys. Status Solidi B* 248 1989 (2011)
- [3] "Theoretical characterisation of point defects on a MoS2 monolayer by scanning tunnelling microscopy" C. González, B. Biel, Y. J. Dappe. *Nanotechnology* 27, 105702 (2016).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2024-25

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales
Título:	Simulaciones ab initio de nanotubos de carbono y su potencial uso como electrodos en baterías
Title:	Ab initio Simulations of carbon nanotubes for a potential use as electrodes in future batteries
Tutor/es:	César González Pascual
E-mail tutor/es:	cesar.gonzalez@ucm.es
Número de plazas:	1
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

Aprendizaje de la teoría del funcional de la densidad para la determinación de la estructura atómica y electrónica de diferentes nanotubos de Carbono mediante el uso del código FIREBALL [1], Se estudiará la estructura electrónica inicial de nanotubos de diferentes tamaños, así como el efecto de la inclusión de diferentes elementos dopantes (N, B o Si). Se estudiará el uso de diferentes elementos alcalinos susceptibles de ser usados en una batería de estado sólido (Li, Na, Ca, Mg o K). Se estudiará la transferencia electrónica entre el átomo alcalino nanotubo.

Metodología:

Se comenzará reproduciendo resultados previos obtenidos en TFGs previos usando grafeno [2]. Se estudiarán las diferentes posibles posiciones del átomo alcalino cerca/dentro de diferentes nanotubos (n,n) para encontrar su posición más estable. Se estudiará la dependencia con el tipo de elemento y el tamaño del nanotubo. Se repetirá el proceso con los sistemas dopados con uno o dos átomos de N, B o Si. Se estudiará la posición más estable de un segundo átomo alcalino: cerca del primero o lejos. Esto se hará para los diferentes casos estudiados. Algunos cálculos se realizarán en supercomputadores de la RES.

Bibliografía:

- [1] "Advances and applications in the FIREBALL ab initio tight-binding molecular-dynamics formalism" J. P. Lewis et al. Phys. Status Solidi B 248 1989 (2011)
- [2] "Simulaciones de dinámica molecular ab initio: Li intercalado en láminas de MoS₂" Guillermo Morón. TFG Junio 2022.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2024-25

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales
Título:	Probando la elasticidad de un material 2D
Title:	Testing the elasticity of a 2D material
Tutor/es:	César González Pascual
E-mail tutor/es:	cesar.gonzalez@ucm.es
Número de plazas:	1
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

¿Qué sucede cuando se estira un material 2D [1]? ¿Se rompe fácilmente? ¿Qué ocurre con sus propiedades electrónicas? ¿Se convertirá el material en más reactivo? ¿Se formará una cadena mono-atómica antes de la ruptura? ¿Cómo se verá afectado por la inclusión de impurezas u otros defectos? En el TFG se aprenderá a usar la teoría del funcional de la densidad mediante el uso del código FIREBALL [2] para dar respuesta a estas preguntas.

Metodología:

Se comenzará reproduciendo la estructura atómica y electrónica característica del grafeno, del MoS₂ y/o del BN. Se dopará el material con diferentes elementos como B, N, Si o F. Se irá estirando el material en pequeños pasos hasta llegar a su ruptura. Se obtendrá la Densidad de Estados (DOS) en los sucesivos pasos. Finalmente, se podrán colocar moléculas (H₂, O₂ o CO₂) cerca de los puntos de ruptura para comprobar si ha aumentado la reactividad. En todas estas simulaciones, se usará el código FIREBALL [2]

Bibliografía:

- [1] "The electronic properties of graphene" A. H. Castro Neto, F. Guinea, N. M. R. Peres, K. S. Novoselov, and A. K. Geim. Rev. Mod. Phys. 81109 (2009)
- [2] "Advances and applications in the FIREBALL ab initio tight-binding molecular-dynamics formalism" J. P. Lewis et al. Phys. Status Solidi B 248 1989 (2011)



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2024-25



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales
Título:	Composites de óxidos metálicos para su utilización en fotocatalisis y sensado de gases
Title:	Metal oxide composites for use in photocatalysis and gas sensing
Tutor/es:	Ana Urbieto, Juan Francisco Ramos Justicia
E-mail tutor/es:	anaur@ucm.es, juanfra@ucm.es
Número de plazas:	2
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

El desarrollo de materiales híbridos (“composites”) es ya un campo bien consolidado en el panorama de la Ciencia de Materiales. En general, se busca la sinergia entre propiedades de dos (o más) materiales distintos, que mejoren su capacidad de aplicación en diversas tecnologías. En este sentido los materiales híbridos basados en óxidos metálicos semiconductores han ido ganando terreno para multitud de aplicaciones tecnológicas como la fotocatalisis o el sensado de gases. El objetivo de los dos trabajos ofertados 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. Uno de los trabajos se centrará en la utilización de los composites en experimentos de fotocatalisis mientras que el otro lo hará en sensado de gases. En ambos casos, se buscará y estudiará la viabilidad de dichos materiales para cada una de las dos aplicaciones.

Metodología:

Ambos trabajos comenzarán realizando una revisión bibliográfica del uso de los composites de óxidos metálicos en cada una de las aplicaciones mencionadas, haciendo hincapié en los procesos de crecimiento, distintas arquitecturas y combinaciones de materiales 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, caracterización y fotocatalisis/sensado con dichas composites para cada uno de los trabajos ofertados.

Bibliografía:

- C. Karthikeyan, P. Arunachalam, K. Ramachandran, A. M. Al-Mayouf, S. Karuppuchamy,, *Journal of Alloys and Compounds*, 828 (2020) 154281
- G. Korotcenkov, B.K. Cho, *Sensors and Actuators B: Chemical*, 244 (2017) 182



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2024-25



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales
Título:	Espintrónica: jugando con el espín del electrón
Title:	Spintronics: playing with electron spin
Tutor/es:	Javier Tornos Castillo, Lucas Pérez García
E-mail tutor/es:	jtornosc@ucm.es, lucas.perez@ucm.es
Número de plazas:	2
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

Conocer y comprender la física y las propiedades relacionadas con el espín en los materiales y, en particular, con el espín de la corriente eléctrica que circula por los materiales.

Desarrollar la física que hay tras alguno de los fenómenos siguientes:

- magnetorresistencia (AMR, GMR, TMR)
- efecto Hall de spin - generación de corrientes puras de spin
- transferencia de espín - espintrónica con dominios magnéticos
- conversión carga-espín
- efecto Hall anómalo y efecto Hall topológico

Metodología:

El trabajo será bibliográfico y tendrá dos partes:

- 1.- Comprensión de las propiedades básicas del espín en los materiales, utilizando los conocimientos de distintas asignaturas del Grado en Física (Electromagnetismo, Física Cuántica y Física del Estado Sólido).
- 2.- Descripción detallada de alguno de los fenómenos espintrónicos clásicos (mencionados en los objetivos) y revisión bibliográfica de los desarrollos más recientes sobre ellos. La elección concreta del fenómeno, así como la orientación (más fundamental o aplicada) se acordará entre estudiante y tutores.

Bibliografía:

Concepts in Spin Electronics. Ed. S. Maekawa. Oxford Univ. Press (2006)

Spin Currents Ed. S. Maekawa. Oxford University Press (2012)

Artículos recientes sobre el tema que proporcionarán los tutores.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2024-25



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales
Título:	Nano-dispositivos para sistemas de computación
Title:	Nano-devices for Computing
Tutor/es:	Miguel Romera, Lucas Perez
E-mail tutor/es:	miromera@ucm.es, lucas.perez@ucm.es
Número de plazas:	1
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

Aprender los conceptos básicos de la Computación Neuromórfica, incluyendo las propiedades principales de neuronas y sinapsis artificiales, redes neuronales, etc.

Comprender los fenómenos físicos más prometedores de tecnologías con gran potencial para la computación neuromórfica como la electrónica de óxidos o la espintrónica (cambios resistivos volátiles y no-volátiles, etc).

Metodología:

El carácter del trabajo será principalmente bibliográfico, pudiendo incluir otros aspectos como la profundización en las aplicaciones de los efectos y dispositivos estudiados o el desarrollo de facetas experimentales. Los aspectos específicos se decidirán entre los supervisores y el estudiante.

Bibliografía:

- 1- 'Challenges in materials and devices for resistive-switching-based neuromorphic computing' J. del Valle et al., J. of Appl. Phys. 124, 211101 (2018); <https://doi.org/10.1063/1.5047800>
- 2- "Magnetoresistance and spin electronics", A. Barthélémy et al., J. of Magn. and Magn. Mat. 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)



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2024-25

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales
Título:	Problema de dos partículas en sistemas dirigidos con interacciones exóticas
Title:	Two-particle problem in driven systems with exotic interactions
Tutor/es:	Charles Creffield, Fernando Sols
E-mail tutor/es:	c.creffield@fis.ucm.es, f.sols@fis.ucm.es
Número de plazas:	1
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

En primer lugar, familiarizaremos al alumno/a con los conceptos básicos de condensación de Bose-Einstein y de átomos fríos 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, a escalas de tiempo largas el sistema puede ser descrito por un modelo efectivo estático. El alumno/a estudiará el problema de dos partículas con la exótica interacción que resulta del modelo efectivo. El alumno/a aprenderá conceptos y técnicas de teoría cuántica de muchos cuerpos, para la resolución analítica o numérica del problema de dos bosones con interacciones.

Metodología:

Se realizarán cálculos analíticos para entender cómo es la dinámica efectiva de átomos 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 de dos partículas y se analizarán el estado fundamental y los primeros estados excitados.

Bibliografía:

A J Leggett, Quantum Liquids (Oxford University Press, Oxford, 2006).

G Pieplow, C E Creffield, F Sols, Protected cat states from kinetic driving of a boson gas, Phys. Rev. Research 1, 033013 (2019).

J Matcos, C E Creffield, F Sols, Superfluidity from correlations in driven boson systems, New J. Phys. 25, 063006 (2023).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2024-25



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales
Título:	Recuperación de tierras raras procedentes de motores de vehículos para nuevas aplicaciones
Title:	Recovery of rare earths from motor magnets for new applications
Tutor/es:	Carlos Díaz-Guerra Viejo
E-mail tutor/es:	cdiazgue@ucm.es
Número de plazas:	1
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

Las tierras raras (RE) son elementos críticos necesarios para numerosas aplicaciones en micro y optoelectrónica. Los motores de los vehículos híbridos integran imanes permanentes basados en tierras raras (Nd, Dy) - cuya recuperación no puede hacerse por vías tradicionales y que constituyen una fuente potencial de estos valiosos elementos. El objetivo del trabajo es llevar a cabo una revisión del estado del arte y las futuras perspectivas de los métodos de recuperación de REs procedentes de imanes de vehículos y su posterior integración en materiales con aplicaciones en tecnologías diferentes como la optoelectrónica, sensores, etc.

Metodología:

El trabajo se basa en una revisión bibliográfica del estado del arte y perspectivas futuras en el reciclado y 2ª vida de REs procedentes de componentes de vehículos eléctricos, especialmente en relación con los siguientes aspectos:

- Rutas de reciclado y sus dificultades tecnológicas y medioambientales.
- Características estructurales, composicionales y ópticas de los materiales reciclados.
- Potenciales aplicaciones de estos materiales.

En función del desarrollo del trabajo y el interés del alumno, existe la posibilidad de realizar medidas experimentales relacionadas con el mismo.

Bibliografía:

- [1] T. Elwert, D. Goldmann, F. Roemer, S. Schwarz, J. Sustain. Metall. 3 (2017) 108.
- [2] Yongxiang Yang et al., J. Sustain. Metall. 3 (2017) 122.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2024-25

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales
Título:	Óxidos para sistemas híbridos de almacenamiento de energía batería-condensador
Title:	Oxides for supercapacitor-battery hybrid energy storage devices (supercapatteries)
Tutor/es:	Carlos Díaz-Guerra Viejo
E-mail tutor/es:	cdiazgue@ucm.es
Número de plazas:	1
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

Los sistemas híbridos supercondensador-batería (supercapatteries) buscan combinar la alta densidad de energía característica de las baterías con las elevadas densidades de potencia de los supercondensadores. El objetivo del trabajo es llevar a cabo una revisión del estado del arte y las futuras perspectivas del uso de óxidos metálicos en estos sistemas combinados, prestando especial atención a la conexión morfología - estructura - composición y su relación con las prestaciones del dispositivo.

Metodología:

El trabajo se basa en una revisión bibliográfica del estado del arte y perspectivas futuras en la síntesis, el estudio de las propiedades físicas y las aplicaciones de óxidos metálicos en sistemas híbridos de almacenamiento de energía, especialmente en relación con los siguientes aspectos:

- Rutas de síntesis y su relación con la dimensionalidad del material.
- Características estructurales, composicionales y propiedades electrónicas.
- Potenciales aplicaciones de sistemas híbridos supercondensador-batería.

En función del desarrollo del trabajo y el interés del alumno, existe la posibilidad de realizar medidas experimentales relacionadas con el mismo.

Bibliografía:

- [1] S. Rudra , H.W. Seo , S. Sarker and D.M. Kim, *Molecules*. **29** (2024) 243.
- [2] Linpo Yu and George Zheng Chen, *Electrochem. Energy Rev.* **3** (2020) 271.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2024-25



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de Materiales
Título:	Materiales de alta entropía
Title:	High-entropy materials
Tutor/es:	Miguel A. González Barrio, Arantzazu Mascaraque
E-mail tutor/es:	mabarrio@ucm.es, a.mascaraque@ucm.es
Número de plazas:	2
Asignación de TFG:	Asignación por expediente

Objetivos:

El objetivo de este trabajo es familiarizarse con el concepto, las propiedades y las aplicaciones futuras de los materiales de alta entropía.

Desde su descubrimiento en 2004, se han propuesto distintos tipos de materiales multicomponentes con alta entropía configuracional como una nueva clase de compuestos con muchas aplicaciones potenciales. Estos compuestos se estabilizan aún más a altas temperaturas debido a la contribución entrópica negativa dominante a la energía libre de Gibbs. Los compuestos de alta entropía tienen propiedades inesperadas y aplicaciones en muchas tecnologías. Podrían permitir mejoras importantes en microelectrónica, termoelectrónica, catalizadores, baterías y recubrimientos resistentes al desgaste y a la corrosión. Asimismo, exhiben transiciones electrónicas sintonizables adecuadas para dispositivos de memoria.

Metodología:

Se revisará bibliografía básica y reciente, para adquirir una visión amplia del tema, para después centrarse en las propiedades de los materiales de alta entropía, como por ejemplo el magnetismo de óxidos mixtos de tierra rara-metal de transición, y las aplicaciones en distintos campos.

Bibliografía:

- Minhyung Ahn et al. Adv. Electron. Mater. 7, 2001258 (2021)
- Alessandro R. Mazza et al. Adv. Sci. 9, 2200391 (2022)
- Priyanka Kumari et. al. Journal of Magnetism and Magnetic Materials 554, 169142 (2022)
- D.B. Miracle, O.N. Senkov, Acta Materialia, 122, 448 (2017)
- Josué M. Gonçalves, José G. Ruiz-Montoya, J. Mater. Chem. A, 20872 (2023)
- Ana C. Feltrin et al. Entropy, 25, 73 (2023)



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2024-25



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Arquitectura de Computadores y Automática
Título:	Inteligencia artificial en el análisis de imágenes de microscopía
Title:	Artificial intelligence for electron microscopy images analysis
Tutor/es:	Juan Ignacio Beltrán Fínez
E-mail tutor/es:	juanbelt@ucm.es
Número de plazas:	1
Asignación de TFG:	Asignación por expediente

Objetivos:

El ámbito de la inteligencia artificial (IA) está más que nunca en cada una de las áreas de la ciencia [1]. En la física de los materiales, la necesidad de un análisis automatizado de una ingente cantidad de datos adquiridos mediante técnicas de microscopía de transmisión de electrones con resolución atómica ha acelerado el uso de técnicas en IA, como las redes neuronales, para la predicción de propiedades de materiales [2]. En el ámbito más fundamental se propone el uso de tales redes para:

- *Generación automatizada del mapa químico correspondiente a cada imagen de microscopía.
- *Verificar la correcta predicción en las posiciones y naturaleza química de las especies.
- *Establecer la capacidad predictiva e incertidumbres del modelo mediante determinación de la cantidad mínima de imágenes necesarias según aumentamos el nivel de ruido de la imagen.

Metodología:

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

No se necesitan conocimientos previos de programación.

Bibliografía:

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