

Grupo de Física de Nanomateriales Electrónicos – FINE Group <http://www.ucm.es/fine>



- Grupo UCM integrado por **10 doctores** y **6 estudiantes** de doctorado.
- **16 Tesis doctorales defendidas** desde 2014.
- **Iniciación a la investigación** dentro del Grupo.
- **Becas Colaboración MEC**, Trabajos **Fin de Máster**, Estancias de investigación.
- **120 publicaciones internacionales** desde 2015 y **4 patentes**.
- **Proyectos de investigación nacionales, europeos y USA.**

Infraestructura del Grupo

- ✓ **5 Microscopios electrónicos** de Barrido (SEM), Microscopio **Túnel** (STM), Microscopio de **Fuerzas** (AFM), Microscopio **láser confocal** y **Raman**.
- ✓ Equipos para **síntesis** de nanoestructuras.
- ✓ **Espectrofluorímetro** modular operativo desde los **3 K**.
- ✓ Equipos de medidas eléctricas.
- ✓ **Equipo de sensado de gases.**

Colaboraciones nacionales e internacionales

- UPV, UB, UCA, UC3M, UAM, UV, UPC.
- CSIC (ICMM, ICMSE, CENIM, IO)
- CIEMAT
- Instituto Energía (IFE), (Oslo-Noruega)
- Instituto Técnico Nuclear (Lisboa),
- Elettra Sincrotrone (Trieste-Italia).
- ENWAIR, (Estambul-Turquía).
- University Bremen (Germany).
- KAUST University (Arabia Saudi)
- ESRF – Grenoble (Francia)
- Washington State University (USA)
- Universidad de Warwick (Reino Unido)
- NHRF (Atenas-Grecia)
- KTH (Estocolmo-Suecia)
- Fraunhofer Institute, Dresden
- Politécnico de Milán (Italia)
- Universidad Autónoma del Estado de México
- CERN
- ...

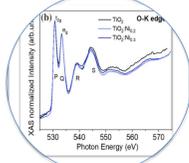
Materiales funcionales avanzados

Control de las propiedades ópticas y electrónicas de óxidos semiconductores
ARQUITECTURAS: Nanowires, materiales 2D, nano-heteroestructuras...

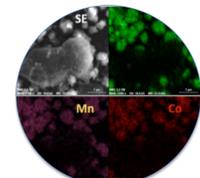
- Microscopía correlativa
- Técnicas in-situ
- Técnicas en sincrotrones



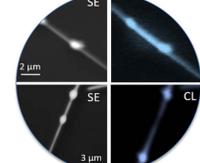
Materiales 2D semiconductores



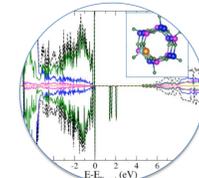
XAS, XPS, XEOL - sincrotrón



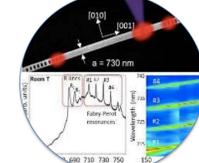
Nanopartículas core-shell para baterías



Catodoluminiscencia - Fotoluminiscencia



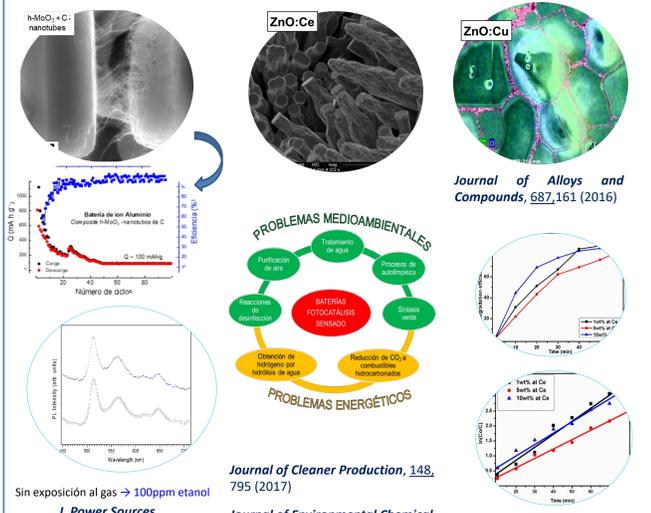
Estructura electrónica - Simulaciones - DFT



Interacción luz-materia

Nano Lett. (2014) *Nano Lett.* (2017), *Nano Research* (2019), *Nanophotonics* (2021), *Small* (2022)
<https://www.ucm.es/fine/nanostructures>

Materiales para la economía circular



Journal of Alloys and Compounds, 687,161 (2016)
Journal of Cleaner Production, 148, 795 (2017)
Journal of Environmental Chemical Engineering, 5, 2903 (2017)
<https://www.ucm.es/fine/circueconomy>



Grupo de Nanosistemas Cuánticos

Investigación **teórica, experimental y computacional** sobre las propiedades electrónicas y ópticas de **nanoestructuras** que operan en régimen cuántico.

Miembros permanentes

- Francisco Domínguez-Adame Acosta
- Elena Díaz García
- Leonor Chico Gómez
- Oscar de Abril Torralba
- Andrey V. Malyshev

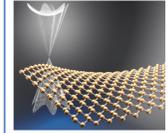
Investigadores posdoctorales

- Álvaro Díaz Fernández
- Jorge Quereda Bernabeu

Investigadoras en formación

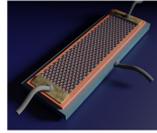
- Yuriko Caterina Baba y Olga Arroyo Gascón

Materiales avanzados



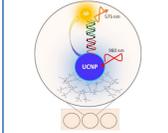
- Grafeno y siliceno
- Nanotubos de carbono
- Dicalcogenuros de metales de transición
- Materiales topológicos

Nanoestructuras



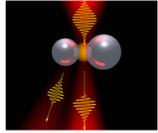
- Transporte electrónico
- Propiedades ópticas
- Termoelectricidad

Sistemas moleculares



- Selectividad de espín
- Biosensores
- Sondas para imagen biomédica

Nanoplasmónica



- Antenas ópticas
- Energía en la nanoescala

Visítanos en www.qng.es



130 **artículos** publicados en revistas científicas desde su creación en 2005 hasta 2022.
Docencia en el Máster de *Nanofísica y Materiales Avanzados*.

Colaboraciones con grupos de Alemania, Reino Unido, Holanda, Rusia, Polonia, Brasil y Chile.

Dirección de estudiantes

- Posibilidad de realización de Tesis Doctoral
- Trabajo de Fin de Máster
- Trabajo de Fin de Grado
- Puedes solicitar beca de colaboración si cursas el Grado en Física o un Máster Universitario.

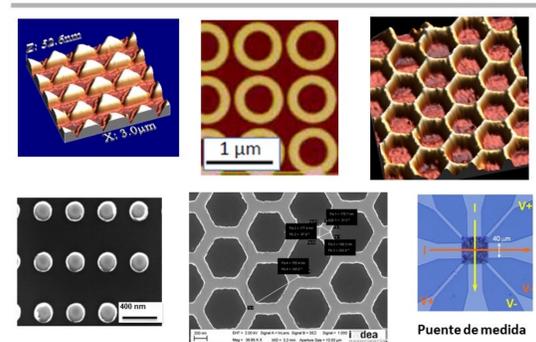
Superconductividad y Películas Delgadas

Sistemas de nanofabricación. Criostatos para medida a baja temperatura con campo magnético intenso

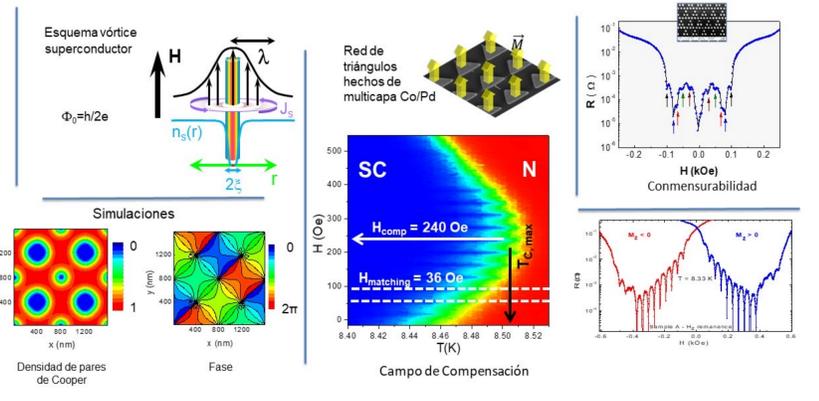


lvicent@ucm.es, cygnus@ucm.es, enavarro@ucm.es, alumno06@ucm.es

Fabricación de nanoestructuras híbridas superconductor-magnético en forma de películas delgadas, multicapas, redes de motivos metálicos ...



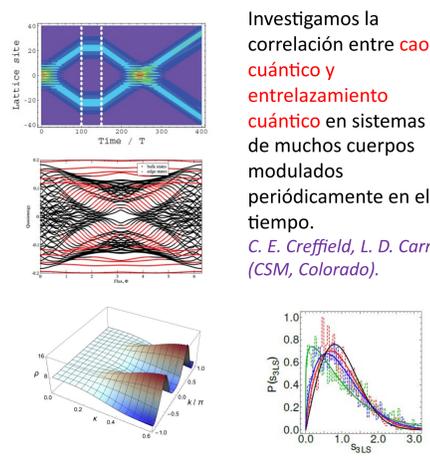
Resultados experimentales, análisis e interpretación: transición superconductor, campos críticos, commensurabilidad, efecto ratchet ...



Estudiamos el **transporte cuántico de condensados de Bose-Einstein** (BEC) en redes ópticas. Se puede inducir movimiento coherente sin aplicar una fuerza neta, tan sólo controlando el encendido y la forma de la señal externa. Se diseñan campos magnéticos sintéticos.

La modulación periódica del Hamiltoniano se puede usar también no solo para controlar la dinámica sino también para diseñar Hamiltonianos atómicos que permiten realizar **estados exóticos de la materia**. Por ejemplo, modulando la energía de tunelaje se puede inducir una transición de fase cuántica desde un aislante de Mott a un **nuevo tipo de superfluido cuyo estado fundamental es un gato de Schrödinger robusto** de dos estados de momento opuesto.

C. E. Creffield, J. Mateos.



Física Teórica de la Materia Condensada

Director: F. Sols

f.sols@ucm.es

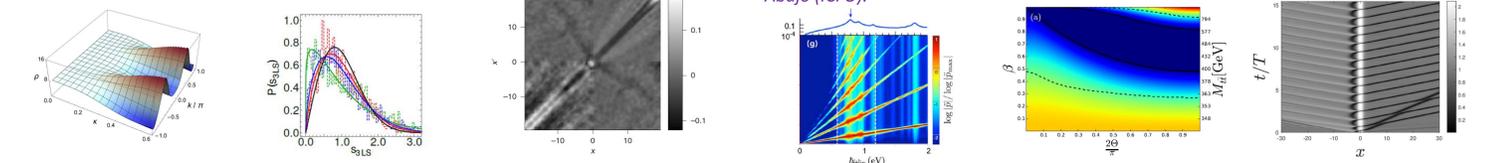
Investigamos la correlación entre **caos cuántico** y **entrelazamiento cuántico** en sistemas de muchos cuerpos modulados periódicamente en el tiempo.
 C. E. Creffield, L. D. Carr (CSM, Colorado).

Con la participación de miembros del grupo, la **radiación de Hawking** ha sido al fin observada usando BEC. Investigamos **potenciales aplicaciones** de dicha radiación como **entrelazamiento** de fonones o el **efecto láser de agujeros negros (BHL)**. J. R. M. de Nova.

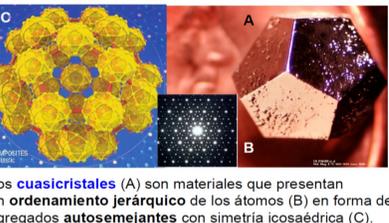
En presencia de **láseres muy intensos**, un sólido genera **armónicos de alto orden (HHG)**. Investigamos el papel de las interacciones electrónicas en el marco de la **plasmónica altamente no lineal**. M. Ciappina (Guangdong Technion), F. J. García de Abajo (ICFO).

Proponemos medidas de **entrelazamiento y tomografía cuántica** a la escala de energía más alta jamás lograda usando **quarks top** en el LHC. Colaboramos con el grupo **ATLAS del LHC** para la implantación experimental de la propuesta. J. R. M. de Nova.

Los **cristales temporales** son el análogo temporal de las redes cristalinas convencionales. Investigamos **cristales temporales continuos** usando un nuevo tipo de estado cuántico: un **estado espontáneo many-body de Floquet (SMBF)**. J. R. M. de Nova.

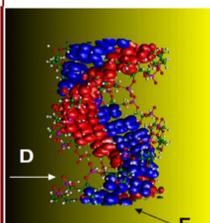


Sólidos aperiódicos



Los **cuasicristales** (A) son materiales que presentan un **ordenamiento jerárquico** de los átomos (B) en forma de agregados **autosemejantes** con simetría icosaédrica (C).

Siendo **aleaciones metálicas** sus propiedades de transporte del calor y la electricidad se asemejan a las de los materiales **semiconductores** y pueden emplearse en **dispositivos termoelectrónicos**.



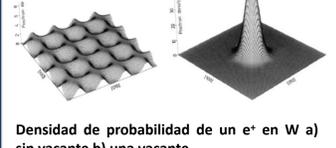
En la **molécula de ADN** coexisten dos tipos de ordenamiento: las cadenas de azúcar-fosfato (D) describen una **hélice periódica a nivel atómico** mientras los pares de bases (F) se disponen formando una **secuencia aperiódica de orbitales moleculares** capaces de almacenarla necesaria información biológica

emaciaba@fis.ucm.es

ESPECTROSCOPIA DE ANIQUILACIÓN DE POSITRONES. DEFECTOS Y MICROESTRUCTURAS

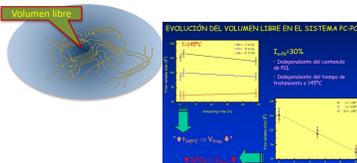
"Los materiales son como las personas, son sus defectos lo que los hace interesantes" (F. C. Frank)

Los positrones son capaces de detectar la presencia de defectos tan pequeños como una **mono-vacante**

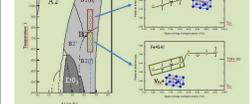


Densidad de probabilidad de un e⁺ en W a) sin vacante b) una vacante

El orto-positronio permite medir el **volumen libre** de los materiales poliméricos



Aleaciones de Fe-Al como materiales estructurales para alta temperatura



Contacto: Javier del Río (jdelrio@ucm.es)



www.ucm.es/info/gfmc

Unidad Asociada ICM-ICMM-CSIC
"Laboratorio de heteroestructuras con aplicación en Espintrónica"

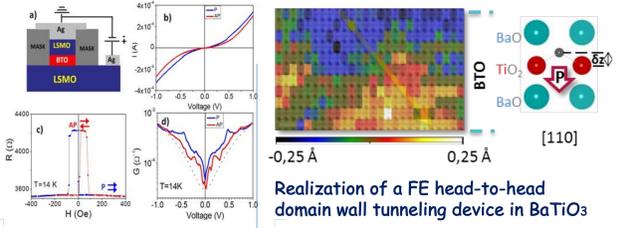


Spintronics

Spin transport in
multiferroic tunnel junctions

Nature Nanotechnology
12, 655 (2017)

Phys. Rev. Lett. 122, 037601 (2019)
Phys. Rev. Lett. 125, 266802 (2020)



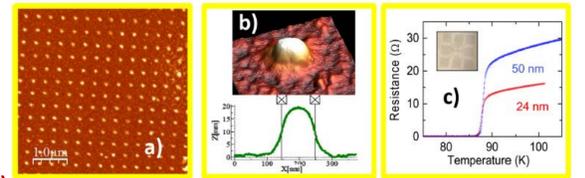
Realization of a FE head-to-head domain wall tunneling device in BaTiO₃

Oxide interfaces

Emergent electronic states and novel
oxide nanostructures
Symmetry breaking in presence of
strong spin orbit interaction

Nature Communications 12, 3283 (2021)

Appl. Phys. Lett. 120, 034101 (2022)

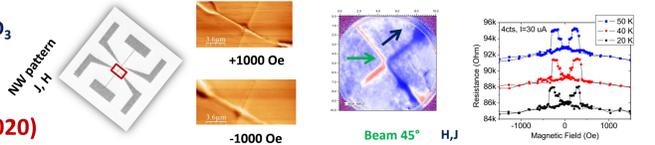


(a) Square array (300 × 300 nm) of manganese dots fabricated by electron beam lithography. (b) Enlarged view of a single dot 100 nm diameter made of 20 nm thick LSMO. (c) Resistive transition of YBCO layers (24 nm in red and 50 nm in blue) grown on top of the dots and patterned as shown in the inset for transport measurements.

Planar nano devices

Nanowires of half metal La_{0.7}Sr_{0.3}MnO₃
FM Domain Wall engineering
Spin dependent transport

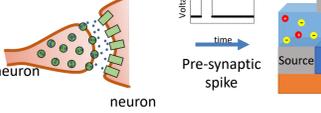
Nat Communications 11, 658 (2020)



Bio-inspired Computing

Artificial synapses and neurons

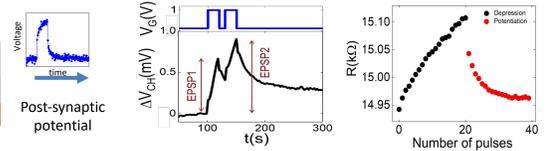
Computing with nano-devices



Nature 563, 230 (2018)

Nat Commun 13, 883 (2022)

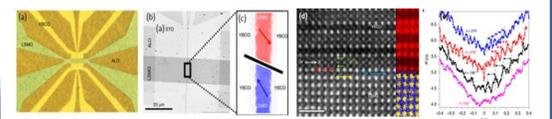
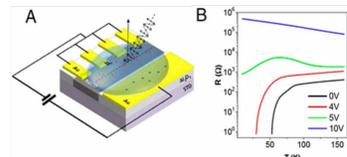
Short and long-term memory
Synaptic Plasticity



Superconductivity

Electrostatic and electrochemical
doping of high T_c superconductors

Proc. Natl. Acad. Sci. USA 114, 215 (2017)



Long range Josephson effect in a half metal
ferromagnet

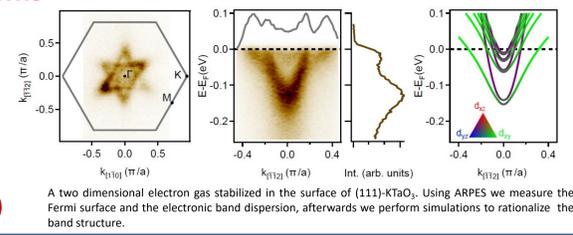
Nature Materials 21, 188 (2022)

Two Dimensional Electron Systems (2DES)

We use angle-resolved photoemission
spectroscopy (ARPES), transport and
calculations to study the electronic structure of
oxide based 2DES.

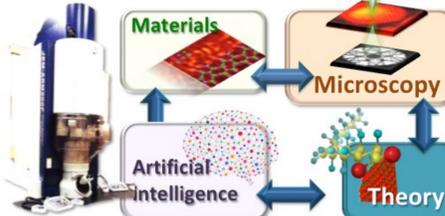
Adv. Electronic Materials 210376 (2022)

Adv. Electronic Materials 1800860 (2019)



A two dimensional electron gas stabilized in the surface of (111)-KTO₂. Using ARPES we measure the Fermi surface and the electronic band dispersion, afterwards we perform simulations to rationalize the band structure.

Atomic resolution electron microscopy & spectroscopy



Structural & electronic properties of 2D materials

Nature Commun 10, 509 (2019)

Nano Lett 21, 7781 (2021)

In-situ characterization of dynamical processes on-the-fly

Advanced Materials 31, 1900189 (2019)

Atomic resolution electric & magnetic field mapping

Nano Lett 21, 6923 (2021)



Contacto: Pilar Marín

mpmarin@ucm.es, pmpresa@ucm.es

Efectos de campos electromagnéticos

- Microondas y materiales magnéticos: sensores y absorbentes de radiación
- Corrientes inducidas en el cuerpo humano

Grafeno: Síntesis y aplicaciones

Estos materiales pueden utilizarse, entre otras cosas, para detectar la presencia de gases nocivos en el ambiente

En el IMA hemos desarrollado y patentado un nuevo método de fabricar materiales tipo grafeno

Nuevos materiales magnéticos

- Materiales magnéticos blandos; imanes permanentes y sensores
- Metamateriales
- Peroxitos
- Imanes por aleado mecánico

I+D+i

- Investigación de calidad
- Transferencia tecnológica
- Actividades de formación

Aplicaciones en el mundo ferroviario

- Diseño de antena para ERTMS y ASFA
- Detección de obstáculos en paso a nivel
- Sensor de medidas de deformación de las vías

Hipertermia magnética

Nanoscale 10, 2011-2012

Magnonic chemical sensors

Collaboración con más de 50 empresas y transferencia de doctores formados en el IMA al mundo empresarial

Compatibilidad electromagnética

Aena, Indra

Servicio a la sociedad

Brazalete contra la violencia de género

Investigación nanomateriales magnéticos

Estudio del comportamiento magnético de nanomateriales dependiente de la composición química de la estructura y su distribución en la aglomeración

Servicio a la sociedad

El Instituto de Magnetismo confirma que el metro daña los aparatos del Clínico

El País

Hysteresis loops of magnetic nanoparticles under 50 kHz ac field

Magnonic chemical sensors

RF in, RF out, Gas inlet, Gas outlet, Permanent magnet, Magnetic nanoparticles

Core/Shell Magnetic Nanoparticles of Iron Carbide/Few-layered Graphene

Two-step surfactant strategy

Ciencia de Superficies y Nanoestructuras

- Estudiamos desde un punto de vista experimental las propiedades de la materia cuando se reduce su tamaño y su dimensionalidad.
- Combinamos temas de Física Fundamental y de Física Aplicada.
- Colaboramos con otros Grupos Nacionales/Internacionales y realizamos parte de nuestra investigación en Centros de Radiación Sincrotrón.
- Nos financiamos mediante Proyectos Nacionales, Europeos y contratos con empresas.
- Desde su fundación en 2004, el Grupo ha publicado más de 220 artículos científicos en revistas de Física, Química y Ciencia de Materiales con un total de más de 3500 citas.

Miembros permanentes del grupo:
Noemí Carmona, Miguel Ángel González Barrio, Arantazu Mascaraque, Lucas Pérez, Oscar Rodríguez de la Fuente

Grupo Asociado al IMA
Grupo Asociado al IMDEA-Nanociencia

Nanomagnetismo tridimensional

Imagen de PEEM del anclaje de paredes de dominios en los defectos químicos de nanohilos cilíndricos.
Sci. Rep. 8, 16695 (2018)

Medida y simulación de texturas tridimensionales de spin en sistemas curvilíneos.
Nanoscale 12, 17880 (2020)

Modificación controlada de superficies y nanoestructuras

Diagrama de difracción y modelo estructural obtenido a partir de simulación de primeros principios de TiO₂ altamente bombardeado.
Nat. Commun. 6, 6147 (2015)

Espectro Raman donde se observa la evolución desde hematita a maghemita como resultado del bombardeo de la superficie.
Appl. Phys. Lett 110, 093103 (2017)

Imagen de SEM y mapa de micro-RAMAN de nanopartículas de ε-Fe₂O₃ y α-Fe₂O₃.
Chem. Mat 28, 511 (2016)

Absorción de RX de nanopartículas de ZnO funcionalizadas.
Adv. Fun. Mat. 24, 2094 (2014)

Materiales para espintrónica

Imagen de SPLEEM y representación 3D de un skyrmion.
Appl. Phys. Lett. 106, 242404 (2015)

Imagen de SPLEEM de la formación de una burbuja quiral.
Sci. Adv. 6, eaba4924 (2020)

Medida directa de la separación de spin por efecto Hall de spin en un metal.
arXiv:2107.02620

Estudio de microRaman de diferentes recubrimientos de óxidos de hierro.
J. Alloys Comp. 892, 16205 (2021)

Interfases neuronales

Axones sobre un nanoelectrodo de Au para la realización de experimentos de excitación neural.
Biomaterials 279, 121186 (2021)

Imágenes de fluorescencia de neuronas desarrolladas sobre nanopilares.
Adv. Mat. Inter. 2, 2002121 (2021)

Estructura electrónica

Estado electrónico unidimensional en la superficie reconstruida de Au(001).
Phys. Rev. B 86, 045426 (2012)

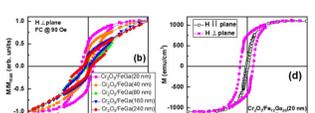
Laboratorio de Dispositivos Magnéticos

- Nuevas propiedades magnéticas a partir de nanomagnetismo.
- Líneas de investigación con aplicaciones en: magnetoelasticidad, espintrónica, magnetoelectricidad, energía...
- Colaboraciones nacionales e internacionales.

Responsable: Rocío Ranchal (rocran@ucm.es)

Magnetoelasticidad en películas delgadas de FeGa con aplicación en sonar, sensores magnéticos, straintronics, ...
J. Phys. Chem. C 124 (2020) 4717

Control de la imanación a través de acoplamiento magnético interfacial metal/óxido.
Sci. Rep. 11 (2021) 13429



Pared de dominio sintética para almacenamiento de información, corrientes polarizadas de espín, etc.
Nanotechnology 31 (2020) 335715

