

# Jornadas de Doctorandos 2022-23

## Sesión de primavera

### Programas de Doctorado en Física y en Astrofísica

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS  
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

*Facultad de Ciencias Físicas*  
*21, 22 y 23 de marzo de 2023*

---

#### *Ponentes*

---

Programa de Doctorado en Física	
Aguilera Martín, Juan Diego	Instituto de Magnetismo Aplicado (IMA-UCM)
Clemente Gómez, Carlos	Física de la Tierra y Astrofísica (UCM)
Del Río García, Óscar	Física Teórica (UCM)
Encina Baranda, Nerea	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica (UCM)
Fernández Del Val, Diego	CIEMAT
García Tavora, Vicente	Instituto de Estructura de la Materia (CSIC)
González García, Álvaro Antonio	Física de Materiales (UCM)
Miranda López, Juan Pablo	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica (UCM)
Moltó González, Sergio	Centro Español de Metrología
Morcillo Pérez, Cecilia María	CIEMAT
Pastor Villarrubia, María Verónica	Óptica, Facultad de Óptica y Optometría (UCM)
Rodríguez García, Iñaki	CIEMAT
Soria García, Ángela	Óptica (UCM)
Tenreiro Villar, Isabel.	Física de Materiales (UCM)
Vilas Ramos, Jaime	Alcyon Photonics e Instituto de Óptica Daza de Valdés (CSIC)
Zamora Castro, Víctor	Física de Materiales (UCM)

Programa de Doctorado en Astrofísica	
Balsalobre Ruza, Olga	Centro de Astrobiología (INTA-CSIC)
Carracedo Carballal, Gonzalo	Física de la Tierra y Astrofísica (UCM)
Cifuentes Santos, Alejo	CIEMAT
Del Burgo Olivares, Carlos	Centro de Astrobiología (INTA-CSIC)
Herrero Cisneros, Eva	Centro de Astrobiología (INTA-CSIC)
López Viejobueno, Jennifer	Física de la Tierra y Astrofísica (UCM)
Murillo Ojeda, Raquel	Centro de Astrobiología (INTA-CSIC)
Rodríguez Baquerizo, Julián	Física de la Tierra y Astrofísica (UCM)
Ruiz Pérez, María	Instituto de Técnica Aeroespacial y Centro de Astrobiología (INTA-CSIC)

*JORNADAS DE DOCTORANDOS. 21, 22 y 23 de marzo de 2023*  
*Programas de Doctorado en Física y en Astrofísica*

	<b>Martes 21</b>	<b>Miércoles 22</b>	<b>Jueves 23</b>
<b>09:40-09:55</b>	Moltó González, Sergio	Encina Baranda, Nerea	Soria García, Ángela
<b>10:00-10:15</b>	Pastor Villarrubia, María Verónica	García Tavora, Vicente	Balsalobre Ruza, Olga
<b>10:20-10:35</b>	Vilas Ramos, Jaime	Rodríguez García, Iñaki	Carracedo Carballal, Gonzalo
<b>10:40-10:55</b>	Clemente Gómez, Carlos	Miranda López, Juan Pablo	Cifuentes Santos, Alejo
<b>11:00-11:30</b>	<b>Receso</b>		Del Burgo Olivares, Carlos
<b>11:30-11:45</b>	Fernández del Val, Diego	Aguilera Martín, Juan Diego	<b>Receso</b>
<b>11:50-12:05</b>	Morillo Pérez, Cecilia María	González García, Antonio Álvaro	Herrero Cisneros, Eva
<b>12:10-12:25</b>	Del Río García, Óscar	Zamora Castro, Víctor	López Viejobueno, Jennifer
<b>12:30-12:45</b>		Tenreiro Villar, Isabel	Murillo Ojeda, Raquel
<b>12:50-13:05</b>			Rodríguez Baquerizo, Julián
<b>13:10-13:25</b>			Ruiz Pérez, María

---

## RESÚMENES DEL PROGRAMA DE DOCTORADO EN FÍSICA

---

### **Sensores de gas basados en la interacción con nanopartículas magnéticas y ondas de espín**

Aguilera Martín, Juan Diego  
Instituto de Magnetismo Aplicado (IMA-UCM)

Existen diversos estudios que relacionan niveles altos de ciertos compuestos en el aliento humano y enfermedades, por ejemplo, acetona y diabetes o amoníaco y enfermedad renal crónica. Así, se podrían monitorizar y diagnosticar estas dolencias de forma totalmente no invasiva analizando el aire exhalado por el paciente. Para un diagnóstico efectivo se requiere una alta precisión en la determinación de la composición de la mezcla de gases que constituye el aliento. Debido al coste de las técnicas convencionales de análisis de alta precisión, como la cromatografía y la espectrometría de masas, el diagnóstico y la monitorización de enfermedades mediante el análisis de aliento aún no se emplea de forma amplia y cotidiana. Por ello, se está desarrollando un sensor reutilizable, de bajo consumo, precio reducido y alta precisión empleando nanopartículas magnéticas y ondas de espín.

Los sensores de gas basados en magnetismo presentan la ventaja de operar sin contacto eléctrico con el material activo. En el primer dispositivo desarrollado, son nanopartículas magnéticas en cuya superficie pueden adsorberse moléculas, modificando el magnetismo superficial, que tiene una magnitud no despreciable dada la alta relación superficie/volumen. Las modulaciones de las propiedades magnéticas se siguen en tiempo real mediante un sistema de detección basado en ondas de espín superficiales que se propagan por una lámina de granate de hierro e itrio (YIG). El sistema ha mostrado respuesta ante concentraciones por debajo de 50 ppm de algunos compuestos relacionados con enfermedades.

---

---

### **Modelado Geofísico-Petrológico integrado de la corteza terrestre**

Clemente Gómez, Carlos  
Facultad de Ciencias Físicas. Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica (UCM)

La corteza terrestre alberga la mayoría de los recursos de interés social como pueden ser minerales o la energía geotérmica. He estudiado especial interés la corteza terrestre, siguiendo una modelización de la litosfera que integra múltiples datos de geofísicos. El dato principal consiste en modos fundamentales de curvas de dispersión de ondas superficiales Rayleigh. Contamos con datos secundarios: topografía (batimetría), flujo de calor superficial, grosor cortical a priori y velocidad de ondas P en corteza. El proceso consistió en utilizar un programa de inversión bajo un marco geofísico-petrológico donde las velocidades sísmicas del manto y las densidades son calculadas termodinámicamente en función de la temperatura y la composición. La nueva versión del programa incluye el desarrollo de la parametrización litológica cortical siguiendo estadísticas globales que correlacionan ondas sísmicas internas (S y P) y la densidad con diferentes litologías. Durante estos años de tesis he estudiado la litosfera (grosor litosférico) en Europa occidental-Mediterráneo, así como aplicar el análisis litológico cortical en la península Ibérica.

---

---

### **Estructuras internas de hadrones dependientes del momento transversal**

del Río García, Óscar  
Departamento de Física Teórica (Universidad Complutense de Madrid)

Una de las preguntas abiertas más fundamentales en QCD es comprender cómo las propiedades observadas de los hadrones son generadas por la dinámica de sus constituyentes internos, los partones (quarks y gluones). Para arrojar algo de luz sobre esta pregunta, los físicos utilizan diferentes enfoques teóricos como teorías de campos efectivos, cromodinámica cuántica en el retículo (Lattice QCD), QCD perturbativa, etc. Un campo de investigación muy interesante es la exploración de la estructura multidimensional de los hadrones. El objetivo principal de este campo es reconstruir imágenes multidimensionales de un hadrón investigando la distribución de los partones en su interior. De esta forma, se pueden investigar cuestiones como el papel de los quarks y los gluones en la generación del espín del nucleón o el momento angular partónico.

Un tipo de observables de gran relevancia que pueden dar información sobre las estructuras de los hadrones son los que vienen dados a través de las funciones de distribución de partones dependientes del momento transversal (TMD por sus siglas en inglés). Estos observables son muy útiles, por ejemplo, para el estudio de la producción del bosón de Higgs y la búsqueda de física más allá del modelo estándar, y son extensos los experimentos de colisión modernos que se realizan tanto en el LHC, en HERA o en el futuro EIC, que son sensibles a estas distribuciones.

---

---

## Aplicaciones de IA en PET

Encina Baranda, Nerea  
Facultad de Ciencias Físicas (Universidad Complutense de Madrid)

La Tomografía por Emisión de Positrones (PET) es una técnica de imagen médica capaz de obtener una imagen funcional en 3 dimensiones. Al paciente se le suministra un trazador marcado con un radionucleido emisor de positrones, el cual se distribuye por el organismo concentrándose en ciertos órganos específicos o células, siguiendo la ruta metabólica de distintas moléculas, como la glucosa. La técnica PET se basa en la detección de dos rayos gamma colineales de energía 511 keV. El positrón emitido tras la desintegración  $\beta^+$ , tras perder toda su energía, interactúa con un electrón atómico de los alrededores dando lugar a la aniquilación de un electrón y de un positrón. En este proceso se emiten dos rayos gamma con energía igual a la masa en reposo de las partículas en sentidos opuestos. Estos dos rayos son registrados por los detectores, localizando el lugar donde se produce la aniquilación, lo que nos permite reproducir una imagen de la actividad y, por ende, de la distribución del trazador en el organismo. A diferencia de otras técnicas por imagen anatómica, como la Tomografía Computerizada (CT) o Resonancia Magnética (MRI), el PET permite obtener una imagen metabólica de un organismo vivo.

El análisis de grandes cantidades de datos creados por modalidades de imagen médica como el PET se ha convertido en un tremendo reto y un verdadero cuello de botella para el diagnóstico. Las mediciones manuales realizadas por expertos humanos, no sólo son lentas y, por tanto, poco prácticas en la rutina clínica, sino que también están sujetas a un importante sesgo que depende del observador. Por lo tanto, hay una gran necesidad de automatizar métodos que resulten eficaces y que permitan tanto agilizar el proceso de adquisición de los datos, como su posterior estudio. La fusión de la imagen médica nuclear con una de las tecnologías más punteras de la actualidad, la Inteligencia Artificial, supone grandes avances en medicina, motivo por el que se han explorado aplicaciones de técnicas de Deep-Learning a imagen PET: elaboración de un algoritmo basado en la red neuronal convolucional U-NET que permita corregir el efecto de emborronamiento que tiene el rango del positrón en las imágenes obtenidas a partir de esta técnica de diagnóstico por imagen, así como la posibilidad de obtener dos imágenes de distintos radiotrazadores en una misma adquisición.

---

---

## Calibración de muones de alto momento para la búsqueda de nueva física con los datos del experimento CMS del LHC.

Fernández del Val, Diego  
Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT)

CMS (Compact Muon Solenoid) es uno de los cuatro grandes detectores situados en el anillo principal del acelerador LHC (Large Hadron Collider), en el CERN (Ginebra, Suiza). Su estructura en "capas cilíndricas" permite la medida precisa de las distintas partículas producidas en una colisión entre protones mediante cada uno de los subdetectores. El CIEMAT juega un papel importante en el desarrollo y mantenimiento del detector de muones; las cámaras de deriva (DTs). De cara al 2027, habrá una mejora del LHC (High Lumi-LHC), aumentando considerablemente el número de colisiones, lo que requerirá un nuevo sistema de trigger para el detector de muones. Actualmente se están haciendo pruebas in situ de la nueva electrónica de trigger, tomando datos de rayos cósmicos y de colisiones. En la charla, comentaré mi participación en la calibración del sistema, así como en el análisis de los primeros datos en colisiones.

El Modelo Estándar es la mejor descripción de la estructura fundamental de la materia y de las interacciones que la gobiernan. Sin embargo, no es una teoría completa, puesto que existen varias cuestiones que no alcanza a explicar. El tema principal de mi tesis consistirá en la búsqueda de nuevos procesos físicos, en concreto en estados finales incluyendo muones de muy alto momento. La resolución en la medida del momento para estos muones empeora a medida que aumenta éste, siendo de gran importancia una buena calibración de los mismos. En la charla hablaré

sobre el método empleado para medir la escala del momento de dichos muones, y los resultados obtenidos con los datos del RunII (2016- 2018), de colisiones protón-protón a una energía centro de masas de 13 TeV.

---

---

### Scattering of $^{15}\text{C}$ on $^{208}\text{Pb}$ at energies near the Coulomb barrier

García Tavora, Vicente  
Instituto de Estructura de la Materia (CSIC)

Nuclear systems such as  $^6\text{He}$ ,  $^{11}\text{Li}$ ,  $^{11}\text{Be}$ ,  $^{14}\text{Be}$  are known to have extended neutron distributions: the so-called neutron halos. This feature occurs when the separation energy of valence neutrons is much smaller than the average binding energy per nucleon in a nucleus, so they can tunnel out of the nuclear potential to large distances with sizable probability. It has been an intense experimental and theoretical activity dedicated to study the existence of halos and their dynamics in reaction processes. The neutron halo produces a pronounced maxima at low excitation energies in the Coulomb dipole strength  $B(E1)$ , very narrow transverse momentum distributions and large interaction cross-sections when measured at high energies. The dynamics of the halo nuclei scattering at low energies, around the Coulomb barrier, is dominated by the coupling between the elastic channel and collective excitations, neutron transfer and breakup. The angular distributions of the elastic cross section and the core fragments present large sensitivity to these coupling effects, which are due to the halo configuration. This has been demonstrated by us in previous studies with light exotic beams of  $^6\text{He}$ ,  $^{11}\text{Li}$  and  $^{11}\text{Be}$  scattered on heavy targets. The angular distribution of the elastic channels shows strong absorption patterns where the nuclear and Coulomb interference completely disappears. The  $^{15}\text{C}$  nucleus ( $T_{1/2}=2.449(5)$  s) has a low single-neutron separation energy  $S_n=1218.1(8)$  keV in comparison with the two-neutron separation energy  $S_{2n}=9394.5(8)$  keV. The spins and parities of the ground and first excited state at  $E=740$  keV are known to be  $I=1/2^+$ ,  $5/2^+$ , respectively.

The halo structure of  $^{15}\text{C}$  has been investigated at relatively high energies in several experiments. The reaction cross section at high energy (83 MeV/u) shows an enhancement respect to the neighboring  $^{14,16}\text{C}$  isotopes and the longitudinal momenta of the  $^{14}\text{C}$  fragments after 1n-breakup present a FWHM distribution between 64-70 MeV/c depending of the target that it is narrower than that of the neighbour  $^{14,16}\text{C}$  isotopes, = 200 MeV/c, but wider than the = 40-50 MeV/c found for the archetype cases. These properties have hinted the presence of a halo configuration in the  $^{15}\text{C}$  nucleus that would be unique in the sense that it can be described with an almost pure  $s_{1/2}$  ground state wavefunction. To complete our understanding of the role of the halo in  $^{15}\text{C}$ , we have studied its dynamical response at energies close to the Coulomb barrier that has not been yet probed until this work. We studied the scattering of 4.37 MeV/u  $^{15}\text{C}$  beam on a lead target at HIE-ISOLDE, CERN using the GLORIA setup. We've also measured a stable beam of  $^{12}\text{C}$  under the same conditions. In this contribution, we will present the angular distribution of the elastic cross section of  $^{15}\text{C} + ^{208}\text{Pb}$  relative to  $^{12}\text{C}$  in order to avoid solid angle uncertainties. Optical Model calculations properly describe the angular distribution of the elastic channel and indicate an enhancement of the total reaction cross section.

---

---

### Materiales ferro y ferrimagnéticos para aplicaciones de *switching* magnético en la nanoescala

González García, Álvaro  
Departamento de Física de Materiales (Universidad Complutense de Madrid)

La digitalización global experimentada durante los últimos años ha supuesto un notable aumento de información que debe ser tratada de forma eficiente y almacenada permanentemente a corto y medio plazo. La gran cantidad de datos generada a diario representa un desafío para los dispositivos de almacenamiento magnético actuales, cuya densidad de almacenamiento ha alcanzado su límite debido al efecto superparamagnético. Como consecuencia de ello, el consumo energético asociado a las Tecnologías de la Información y la Comunicación ha aumentado considerablemente, con el impacto medioambiental que eso conlleva.

Estos factores imponen la necesidad de desarrollar nuevos dispositivos más eficientes, más rápidos y con mayor capacidad de almacenamiento. En ese sentido, y en base a los desarrollos actuales en espintrónica y nanomagnetismo, se han propuesto dispositivos basados en el movimiento de paredes de dominio magnéticas o el uso de corrientes eléctricas polarizadas en espín. El objetivo de este trabajo es, por tanto, explorar nuevos materiales y arquitecturas para el desarrollo de la próxima generación de dispositivos de almacenamiento magnético. En particular, nos centraremos en el uso de películas delgadas y multicapas de materiales ferrimagnéticos, heteroestructuras ferromagnético/material 2D (dicalcogenuros de metales de transición) y aleaciones que presentan efecto Hall de espín.

---

---

## **Collective behaviour of a suspension of energy-depot repulsive disks**

Miranda López, Juan Pablo  
Departamento de Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica  
(Universidad Complutense de Madrid)

Active matter systems are made of self-driven units – active particles – each capable of converting stored or ambient energy into systematic motion. This feature leads the system in an out-of-equilibrium state, giving rise to a very interesting phenomenology, such as an unexpected collective behaviour or mechanical properties.

In this work, we study structural and dynamical features of a two-dimensional suspension of active particles repulsive disks undergoing Langevin dynamics. Particles are able to take energy from their environment, store it into an internal energy depot and convert it into kinetic energy along the direction of motion.

This model uses a velocity-dependent friction, in which activity is encoded. Varying the parameters of the model, we study suspensions at different activities. Unexpectedly, the main structural feature we detect is a transition between an ordered (flocking) and a disordered state, depending on the system's densities and values of the activity. To unravel the origin of this transition, we suggest a simple argument based on particles' collisions..

---

---

## **Refractometría interferométrica Fabry-Perot: Fundamentos Metrológicos y Metodología de extracción de resultados.**

Moltó González, Sergio  
Centro Español de Metrología

En esta presentación se explicará la importancia de los métodos de medida ópticos poniendo como ejemplo en el proyecto EMPIR QuantumPascal con el que se busca desarrollar un nuevo patrón de presión basado en efectos ópticos en vez de mecánicos con el fin de aprovechar la redefinición del sistema internacional de unidades en 2019.

Esta presentación se centrará en la técnica de medida y los requisitos técnicos necesarios para cumplir el objetivo del proyecto QuantumPascal. Además, se comentarán resultados obtenidos y las actividades realizadas durante la estancia en 2022 en el Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) de Berlín. Finalmente se expondrán resultados teóricos de estudios desarrollados durante el doctorado.

---

---

## **Preparándonos para el HL-LHC: desarrollo y aplicación de técnicas computacionales para el análisis de datos de Física de Partículas en CMS.**

Morcillo Pérez, Cecilia María  
Departamento de Investigación Básica, CIEMAT

Desde que el CERN se fundó en 1954, muchos han sido los desarrollos en tecnología computacional que se han producido gracias a su existencia, como la arquitectura de ordenadores, métodos de machine learning, computación cuántica o, quizá la más importante de todas: la World Wide Web (o internet, como lo conocemos hoy en día). Sin embargo, aún hay muchos progresos que se necesitan alcanzar, como el gran reto del desarrollo de hardware y software necesarios para almacenar y gestionar la enorme cantidad de datos que se obtendrá con la mejora futura del actual acelerador de hadrones más grande del mundo: el HL-LHC.

Dentro de este camino de desarrollo en el que se encuentran actualmente los grupos de computación científica asociados a los distintos experimentos del LHC está el grupo de CMS del CIEMAT, en el que me encuentro actualmente trabajando. Durante mi charla, realizaré una introducción sobre cómo se gestionan la inmensa cantidad de datos generados por el LHC a través de la colaboración Worldwide LHC Computing Grid (WLCG), y cómo podemos llegar a un

avance en el camino utilizando servicios de almacenamiento de datos locales como una xCache, así como recursos de hardware que nos ayuden a poder optimizar los tiempos necesarios para un análisis de datos de Física de Partículas del LHC.

---

---

### **Lentes Difractivas Permeables**

Pastor Villarrubia, M<sup>a</sup> Verónica  
Facultad de Óptica y Optometría. Departamento de Óptica. (Universidad Complutense de Madrid)

Este trabajo se centra en el diseño de lentes difractivas permeables para su posterior aplicación en el análisis de fluidos en movimiento. Las lentes difractivas basan su funcionamiento en la naturaleza ondulatoria de la luz. A la vez, ofrecen ventajas a la hora de ser implementados en dispositivos electrónicos debido a su ligereza, formato plano y sus reducidas dimensiones. El diseño más conocido de lente difractiva es el basado en las zonas de Fresnel, que asegura la interferencia constructiva de las regiones del frente de onda seleccionadas por la distribución de amplitud y fase.

En esta ponencia nos centraremos en unos dispositivos denominados photon sieves, que es una derivación de la placa zonal de Fresnel y nos permite que el dispositivo esté embebido en un fluido y sea permeable a su flujo, permitiendo su utilización como sensor para detectar la presencia e identificación de ciertos marcadores bio-químicos, lo que conlleva una aplicación directa en disciplinas como biomedicina, el sector industrial, químico, etc. El formato de un photon sieve consiste en un conjunto de aperturas, que en nuestro caso son circulares que se sitúan sobre el plano del dispositivo en un diseño optimizado para obtener la máxima señal posible en el plano de interés. El resultado del trabajo presentado es una metodología de diseño y optimización de lentes difractivas permeables basadas en photon sieves.

---

---

### **Búsqueda de antimateria compleja en los rayos cósmicos con el detector AMS-02 a bordo de la ISS**

Rodríguez García, Iñaki  
Departamento de Investigación Básica (CIEMAT)

Los rayos cósmicos son partículas subatómicas de alta energía producidas en procesos astrofísicos violentos, y en interacciones de estas con el medio interestelar, que viajan por el espacio hasta que llegan a la Tierra. Se componen de protones, núcleos más pesados, electrones y una pequeña fracción de antimateria, que está formada por antiprotones y positrones sin presencia aparente de antinúcleos más pesados. La detección de núcleos de antideuterio o antihelio en la radiación cósmica sería un hito de enorme relevancia en Física Fundamental ya que su origen apuntaría a aniquilaciones de materia oscura en el halo galáctico o incluso a la existencia de dominios de antimateria de origen primordial.

El experimento *Alpha Magnetic Spectrometer* (AMS-02) es un detector de rayos cósmicos situado en la Estación Espacial Internacional (ISS) desde 2011, que proporciona medidas de precisión de los rayos cósmicos en un amplio rango energético. Un espectrómetro magnético permite distinguir entre partículas de materia y de antimateria mediante el signo de la curvatura de su trayectoria en el campo magnético del instrumento. La capacidad de operar esta técnica en el espacio hace que AMS-02 sea un detector ideal para el estudio de la componente de antimateria en la radiación cósmica. En este trabajo se presenta la aplicación de redes neuronales para la búsqueda de antihelio en los rayos cósmicos.

---

---

### **Elementos ópticos difractivos generados por nanoestructuras grabadas con láseres de pulsos ultracortos.**

Soria García, Ángela  
Departamento de Óptica (Universidad Complutense de Madrid)

Los elementos ópticos difractivos (DOEs) tradicionales son dispositivos capaces de modular la amplitud de un haz de luz mediante máscaras que presentan zonas transparentes y opacas, o la fase, mediante variaciones en su topografía. No obstante, los DOEs pueden modular cualquier propiedad de la luz, como, por ejemplo, el estado de polarización, pasando así del formalismo escalar al vectorial. El diseño de estos dispositivos se suele realizar a través de algoritmos

iterativos basados en la transformada de Fourier (IFTA), los cuales fueron propuestos inicialmente por Gerchberg-Saxton. Respecto a los métodos de fabricación de DOEs, con el desarrollo de los láseres de femtosegundos y la óptica resonante, se ha abierto la puerta a grabar elementos ópticos difractivos en un único paso, sustituyendo así a otras técnicas más lentas y contaminantes. La ablación láser permite fabricar DOEs de amplitud, eliminando, por ejemplo, un recubrimiento metálico sobre un material dieléctrico y DOEs de fase, modificando la topografía del material, es decir, su altura. Además, con láseres de pulsos ultracortos es posible fabricar DOEs que controlen la polarización mediante estructuras periódicas, las cuales se graban en la superficie del material y reciben el nombre de LIPSS.

Mi tesis doctoral se centra en el diseño, fabricación y caracterización de DOEs vectoriales. En concreto, se busca implementar algoritmos de diseño vectorial que incluyan técnicas de optimización basados en inteligencia artificial, como la optimización 'Particle Swarm', para su posterior fabricación con láseres de pulsos ultracortos. Por tanto, en esta ponencia presentaré los avances en el desarrollo de los algoritmos de diseño de DOEs vectoriales y los dispositivos diseñados/fabricados durante mi tesis.

---

---

### Efectos de iluminación en uniones túnel de LSMO/CdS/ITO

Tenreiro Villar, Isabel

Departamento de Física de Materiales (Universidad Complutense de Madrid)

El procesado de la gran cantidad de información que se genera diariamente en el mundo tecnológico actual se realiza con sistemas basados en la arquitectura de von-Neumann, con procesamiento secuencial, que son energéticamente muy ineficientes en esta tarea. La computación neuromórfica imita el comportamiento cerebral mediante neuronas y sinapsis artificiales, permitiendo el tratamiento masivo de datos en paralelo con un coste energético muy reducido. Una de las tecnologías más prometedoras para la obtención de dispositivos no volátiles que funcionen como sinapsis, son los memristores basados en uniones túnel, pero la lectura en paralelo de grandes cantidades de estos elementos aún no está resuelta.

En este trabajo se propone una alternativa para la lectura ópticamente activa del estado de resistencia, combinando una excitación lumínica con una lectura eléctrica del voltaje de salida. Para ello se han fabricado memristores basados en uniones túnel de  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3/\text{CdS}/\text{ITO}$ , con una barrera de 3 nm de CdS altamente sensible a la luz. Se ha demostrado el comportamiento memristor de la unión, alcanzando valores de electro-resistencia de  $R_{\text{High}}/R_{\text{Low}} \sim 10^5$  a 10 K. El dispositivo tiene una fuerte respuesta fotovoltaica a bajas temperaturas al ser iluminado con luz UV, mostrando corrientes de cortocircuito ( $I_{\text{sc}}$ ) y voltajes de circuito abierto ( $V_{\text{oc}}$ ) para cada estado de resistencia del memristor. Al iluminar a 10 K, se observa una generación de portadores tan grande que se suprime el estado de alta resistencia de forma volátil. Mientras que, al aumentar la temperatura hasta 50 K, los valores de resistencia pasan a permanecer estables bajo iluminación, y se observa una relación lineal entre el  $V_{\text{oc}}$  y la resistencia, permitiendo implementar una lectura activa del estado, que permitiría el sensado en paralelo de los estados de resistencia de grandes cantidades de memristores iluminados de forma simultánea.

---

---

### Acoplador direccional de banda ultra-ancha basado en metamateriales sublongitud de onda

Vilas Ramos, Jaime

Alcyon Photonics; Instituto de Óptica Daza de Valdés (CSIC); UCM

Gracias a la simpleza de su diseño, los acopladores direccionales son ampliamente utilizados para la distribución de potencia dentro de chips fotónicos integrados. Estas aplicaciones tienen requisitos muy exigentes en cuanto a pérdidas y a ancho de banda, que deben cumplirse independientemente de la ratio de acoplo del dispositivo. Se han propuesto distintas soluciones para conseguir este fin, entre las que destacan los metamateriales sublongitud de onda (SWG, por sus siglas en inglés). Los metamateriales SWG consisten en *arrays* de segmentos de material de núcleo y de revestimiento (*core* y *cladding*, en inglés) con un periodo muy inferior a la longitud de onda de operación del dispositivo final. La optimización de los parámetros geométricos de estos *arrays* permite modificar el índice de refracción y la dispersión de la guía de onda equivalente.

En esta presentación mostraré el uso de metamateriales SWG para diseñar un acoplador direccional de banda ultra-ancha y muy bajas pérdidas, cuyas propiedades son independientes de la ratio de acoplo del dispositivo.



---

---

## Novel engineered architectures and phenomena in all-oxide freestanding interfaces

Zamora Castro, Víctor J.

Departamento de Física de Materiales (Universidad Complutense de Madrid)

Complex correlated oxides are quantum materials displaying a wide variety of electronic groundstates whose various functional properties can be controlled by external stimuli (light, magnetic/electric fields, strain, etc.). By tuning the doping level and strain states, it is possible to sensitively manipulate the structure and composition of the oxygen sublattice which is strongly coupled to the electronic structure via crystal field splitting and valence band filling. Epitaxial (cube on cube) growth onto a limited number of single crystalline substrates imposes stringent restrictions to the strain configurations experimentally available. Recent success in separating epitaxial oxides from the substrate has created intriguing possibilities for strain-tuning that go beyond the capabilities of the epitaxial process. However, the presence of uncontrollable defects, which are primarily created during the growth process, determines the final strain map and its functional properties at the nanoscale.

Here, we demonstrate a versatile method for producing non-trivial strain patterns by assembling freestanding oxide layers. We will show that heterostructures combining ferroelectric freestanding BaTiO<sub>3</sub> thin films feature periodic strain configurations that can be manipulated ad hoc during the assembly process. It is expected that the variety of entirely new strain configurations will result in significant changes to the ground-state characteristics and reactions of the correlated oxides.

---

---

---

## RESÚMENES DEL PROGRAMA DE DOCTORADO EN ASTROFÍSICA

---

### Exotrojan planets: missing pieces of the planetary formation

Balsalobre Ruza, Olga  
Centro de Astrobiología (INTA-CSIC)

The existence of co-orbital (or trojan) planets has been theorized over the past decades. They are pairs of planets sharing orbital path around the star. This peculiar 1:1 resonance is possible since the minor body of the couple orbits near the Lagrangian points  $L_4$  or  $L_5$ , which are points dynamically stable of the gravitational well exerted by the star-major planet field. Two mechanisms to populate these regions have been tested: in-situ formation in the early stages of the planetary system, and gravitational captures during close encounters. Furthermore, their stability has been demonstrated to be long-term possible up to stellar-life times. Despite this, co-orbital planets have not yet been detected. In this talk, I will discuss the strategies we follow in the TROY project to search for them at different stages of planetary systems. In this regard, I will present the first results of my PhD studies using observational data from ALMA and high-resolution spectrographs such as CARMENES or ESPRESSO.

---

---

### El modelo correctivo de HARMONI, o cómo graduarte la vista cuando tienes prisa

Carracedo Carballal, Gonzalo José  
Facultad de Ciencias Físicas (Universidad Complutense de Madrid)

HARMONI es uno de los instrumentos de primera luz del telescopio extremadamente grande (ELT), actualmente en construcción en Cerro Armazones (Chile). Se trata de un espectrógrafo de campo integral centrado en la observación del infrarrojo cercano (NIR). Debido a la alta resolución angular del conjunto ELT-HARMONI y al propio tamaño del ELT, es necesario proporcionar un mecanismo de apuntado automático en lazo cerrado. En este lazo, las medidas de error de apuntado realizadas por HARMONI son empleadas continuamente por el ELT para mantener un apuntado estable.

En esta charla se expondrán los avances realizados en la formulación y calibración del modelo correctivo del apuntado del instrumento, el cual permitirá eliminar la componente sistemática e instrumental del error de apuntado. Además, se presentará la formulación Bayesiana del problema de calibración, la cual permitirá reducir el tiempo total de calibración reaprovechando (de forma informada) los resultados de calibraciones previas.

---

---

### Interferometría de Intensidad con telescopios Cherenkov

Cifuentes Santos, Alejo  
Unidad de Investigación Básica, División de Astropartículas,  
Consejo de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT)

Hambury-Brown y Twiss probaron en 1956 que, para separaciones entre telescopios lo suficientemente pequeñas, medidas de correlación espacial en estrellas mostraban una señal debida al 'bunching' de los fotones provenientes de la estrella en un área definida en tierra, y que este área dependía del tamaño angular de la estrella. Gracias a la gran resolución angular de esta 'interferometría de intensidad' ( $\sim 1$  milisegundo de arco) se pudieron medir un total de 32 diámetros de estrellas con el interferómetro de Narrabri (Australia). Sin embargo, esta técnica se abandonó debido a que la necesidad de áreas colectoras de mayor tamaño, así como fotodetectores más rápidos era difícil de obtener en aquel momento.

Las características de los observatorios de telescopios Cherenkov actuales (MAGIC, VERITAS y HESS) y, en especial, los de próxima generación (CTA) los hacen ideales para emplear la técnica de 'interferometría de intensidad'. Durante esta charla nos centraremos en el trabajo realizado en MAGIC en los últimos años para adaptar los telescopios a esta

técnica (sin perder su función principal como observatorio de muy altas energías), así como en las previsiones de mejora en resolución angular una vez estén disponibles telescopios de nueva generación (como los LST de CTA). Por último se expondrán algunas observaciones realizadas con el sistema actual de MAGIC, centrandonos en el estudio de rotadores rápidos.

---

---

## Simulación Experimental de Procesos Físico-Químicos en Análogos de Hielo Interestelar

Del Burgo Olivares, Carlos  
Centro de Astrobiología (INTA-CSIC)

En las regiones más frías de las nubes moleculares se forman mantos de hielo sobre los granos de polvo. Estos mantos de hielo están compuestos principalmente de moléculas simples volátiles. El procesamiento ultravioleta sufrido por estos hielos produce reacciones fotoquímicas que dan lugar a la formación de moléculas cada vez más complejas. El aumento de la temperatura del hielo (por ejemplo, en núcleos calientes) provoca la desorción de estas moléculas, pudiendo ser detectadas por observaciones astronómicas. Por lo tanto, la comprensión de la fotoquímica y la desorción que tiene lugar en los hielos es fundamental para interpretar las abundancias obtenidas en las observaciones astronómicas.

En nuestros experimentos hemos estudiado el comportamiento de hielos de moléculas orgánicas complejas sometidos a radiación UV y procesamiento térmico. La exposición de estas especies (ácido acético  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , metanol  $\text{CH}_3\text{OH}$  y metilamina  $\text{CH}_3\text{NH}_2$ ) a radiación UV provoca la formación de fotoproductos. En nuestros experimentos se han obtenido moléculas como  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{CO}$ ,  $\text{HCONH}_2$ ,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2$ , y el N-heterociclo hexametilentetramina ( $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$ ), denominado HMT, considerado un precursor de aminoácidos. A temperatura ambiente queda un residuo que está bajo estudio.

---

---

## Atmósferas de exoplanetas con espectroscopía de transmisión

Herrero Cisneros, Eva  
Centro de Astrobiología, CSIC-INTA

La observación espectroscópica de exoplanetas durante el tránsito permite la extracción de los espectros de sus atmósferas. Estos espectros posibilitan la detección de especies atómicas y moleculares, proporcionando información acerca de la composición atmosférica, el perfil de temperatura, las velocidades de los vientos, etc.

En esta charla se resumirán los principales pasos y herramientas utilizadas para la caracterización de atmósferas de exoplanetas mediante la técnica de espectroscopía de transmisión. Se mostrarán ejemplos de resultados obtenidos a partir de observaciones del espectrógrafo de alta resolución ESPRESSO en el telescopio VLT.

---

---

## Simulación numérica de la emisión polarizada de los aerosoles de origen cósmico en la atmósfera alta terrestre

López Viejobueno, Jennifer  
Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica (Universidad Complutense de Madrid)

Cada año caen en la atmósfera terrestre toneladas de material proveniente del universo, sobre todo, restos de cometas y asteroides que se han fragmentado. Muchas de las estimaciones sobre este flujo de material están basadas en observaciones de lluvias de meteoros y en la propia recogida de meteoritos. Sin embargo, estos cuerpos que nos caen a la Tierra no se han observado desde el espacio. Si se observaran con un satélite, las medidas nos podrían dar información de gran valor sobre las propiedades físicas y químicas de estos cuerpos cercanos a la Tierra antes de que comiencen a fragmentarse en la atmósfera terrestre y, finalmente, impacten contra la superficie. Además, se espera que estas partículas que caen tengan una orientación preferente debida a la acción de torques radiativos (RATs) sobre ellas. Este alineamiento produce que la radiación de los granos esté polarizada.

En este trabajo, primero hemos estudiado bajo qué condiciones se produce este alineamiento y cuál será su dirección, si bien la del campo de radiación solar o la del campo magnético terrestre, atendiendo a las propiedades de los granos (tamaño y composición). Por otro lado, queremos estimar la intensidad y el grado de polarización de esta radiación

como si fuera observada desde el espacio por un satélite en órbita baja. Para ello, llevamos a cabo simulaciones numéricas con el código de transferencia radiativa RADMC-3D con diferentes parámetros. Hemos considerado granos de silicatos, carbonatos y hierros en el rango de tamaños de 0.01  $\mu\text{m}$  hasta 1 cm y con una distribución de tamaños con índice de potencias desde -3.5 a -2.0. También, hemos asumido una distribución de densidad espacial constante de 0.22  $\text{part cm}^{-3}$  desde una altura de la atmósfera de 130 km a 500 km sobre la superficie terrestre. Con todo ello, hemos obtenido el grado de polarización de la emisión térmica en el rango de las microondas, en el marco del proyecto del cubesat MARTINLARA. Posteriormente, extenderemos este estudio al rango ultravioleta, donde obtendremos la radiación polarizada debida a procesos de scattering. El grado y la dirección de polarización nos van a permitir determinar una composición y distribución de granos aproximada a partir del ajuste de los datos de futuras observaciones.

---

---

### **White dwarfs with substellar companions: Gaia and the Virtual Observatory**

Murillo Ojeda, Raquel  
Centro de Astrobiología (INTA-CSIC)

White dwarfs (WDs) are one of the most common objects in the universe. They are stellar remnants of low and intermediate mass stars, such as the Sun. WDs are compact objects, with typical masses around half a solar mass and planetary sizes.

In this talk we describe the work aimed at identifying nearby ( $< 100$  pc) WDs with infrared excess. For this, we analysed the so far most complete volume-limited WD sample by building their spectral energy distributions (SEDs) using the VOSA Virtual Observatory tool and J-PAS photometry obtained from Gaia DR3 spectra. In a second step, we added good quality infrared photometry available from Virtual Observatory catalogues and looked for flux excess at infrared wavelengths. Once we have got rid of the potential sources of contamination, the origin of the excess can be attributed to two causes: The presence of a very low mass companion or the existence of a circumstellar dust disk. Spectroscopic observations are required to discern between the two possible scenarios. This is why we started a follow-up program of the most promising candidates using the X-Shooter instrument at the Very Large Telescope. In this talk, we will show the results obtained in this analysis.

---

---

### **Composición química detallada y cinemática de estrellas FGKM de la vecindad solar**

Rodríguez Baquerizo, Julián  
Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica (UCM)

El objetivo del trabajo es la determinación de la composición química de estrellas de tipos FGKM y el estudio detallado de su cinemática. Las abundancias de los diferentes elementos se utilizarán como criterio de pertenencia efectiva de dichas estrellas a un determinado grupo en movimiento en el que se encuentran encuadradas en la vecindad solar ("chemical tagging").

Se pretende realizar un estudio de varios grupos cinemáticos y asociaciones muy jóvenes y cercanas ubicados en la vecindad solar.

---

---

### **Estudio de la dinámica atmosférica de Marte por medio de la primera red meteorológica en otro planeta. Y sus posibles aplicaciones a la Tierra**

Ruiz Pérez, María  
Instituto Nacional de técnica Aeroespacial. Centro de Astrobiología (INTA-CSIC, CAB)

Conocer el origen y evolución del Sistema Solar y en particular de la Tierra así como nuestra evolución como especie humana, es algo que desde distintas áreas del conocimiento se estudia por la fuerte importancia que supone.

En mi tesis trabajo para contribuir en aumentar el conocimiento en las Ciencias Planetarias. En concreto me centro en el estudio de la atmósfera de Marte. Y es que en este sentido Marte es considerado como un laboratorio. Actualmente hay en su superficie tres estaciones meteorológicas: REMS (*Rover Environmental Monitoring Station*) a bordo del rover Curiosity, TWINS (*Temperature and Wind Sensors for INSight mission*) a bordo de la sonda InSight y MEDA (*Mars Environmental Dynamics Analyzer*) a bordo del rover Perseverance. Las tres habiéndose construido en España hacen que seamos la primera nación con tres instrumentos en la superficie de otro planeta operando.

A partir de los datos medidos por los sensores correspondientes de cada una, trato los datos y analizo las magnitudes atmosféricas. A partir de ello hago interpretaciones de los resultados principalmente a nivel mesoescalar.

Además, experimentos con el modelo numérico MRAMS (*Mars Regional Atmospheric Modeling System*) se llevan a cabo. Las simulaciones obtenidas en estos experimentos las comparo con los resultados obtenidos a partir de los datos analizados conseguidos a partir de las mediciones realizadas en la superficie marciana.

La comprensión de la evolución de los planetas conlleva adquirir conocimientos sobre su topografía y atmósfera estando ambas partes interrelacionadas entre sí. En particular, la comprensión de las atmósferas planetarias es clave para asegurar el éxito de futuras misiones espaciales destinadas a conseguir mediciones y realizar experimentos para cualquier otra rama de la ciencia incluyendo la exploración espacial.

---

---