

JORNADAS DE DOCTORANDOS. 10, 11 y 12 de diciembre de 2024
Programas de Doctorado en Física y en Astrofísica
Aula M2

	Martes 10	Miércoles 11	Jueves 12
9:30-9:45	Charla informativa sobre procedimientos y plazos Vicedecano de Investigación y Doctorado	Del Monte García, Inés	
9:50-10:05		Nerio Aguirre, Amanda Nathali	Jaramillo Garrido, Darío
10:10-10:25		Sánchez Prieto, Jesús	Mínguez Sánchez, Andrés
10:30-10:45	Landi, Caterina	Fernández-Quevedo García, Rodrigo	Navas Gómez, Alfonso de Jesús
10:50-11:05	Rodríguez Veloso, Raúl	Shaw, Kushal Kumar	Pomares Porras, Emilio
11:10-11:30	Receso		
11:30-11:45	Alonso López, David	Belinchón Martín, Fernando	Álvarez Chico, Alejandro
11:50-12:05	Bariego Quintana, Adriana	De Maeseneire Martínez, Daniel	Echániz Cintora, María
12:10-12:25	Grajera Mas, José Luis	Fuentes Álvarez, Tahimy	Gómez Muñoz, Gonzalo
12:30-12:45	Haasler García, David	Gutiérrez González, Lucía	Lorenzo Feijoo, Iker
12:50-13:05	Masa Andrés, Elisa	Escudero Palencia, Lucía	Pérez Peinado, Paula
13:10-13:25	Prieto Jiménez, Carlota	Serrano Sánchez, Mario	Ramos Ramos, Diego José

RESÚMENES DEL PROGRAMA DE DOCTORADO EN FÍSICA

Crecimiento y caracterización de películas epitaxiales ultrafinas de imanes ferrimagnéticos sintéticos.

Álvarez Chico, Alejandro
Departamento de Física de Materiales (UCM)
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (CSIC)

El rápido aumento del ritmo de generación de datos (almacenados de forma permanente y transmitidos), la llegada de la inteligencia artificial e Internet de las Cosas, hacen necesario el desarrollo de nuevas tecnologías de almacenamiento de información, más rápidas y eficientes y de menor consumo energético. Los dispositivos basados en materiales ferrimagnéticos podrían ser la respuesta a estas necesidades. Cerca de la temperatura de compensación, a la que se anula la imanación neta, ofrecen la posibilidad de invertir la imanación de forma ultrarrápida y con menor energía en comparación con dispositivos de almacenamiento magnético convencionales, basados en materiales ferromagnéticos.

En este trabajo se exploran las propiedades de intercara electrónicas, estructurales y magnéticas en función de la temperatura en ferrimagnéticos sintéticos, materiales compuestos de bicapas epitaxiales ultradelgadas de Fe y Gd en diferentes composiciones.

Interacción océano-atmósfera de la oscilación de Madden-Julian

Belinchón Martín Fernando
Filiación: TROPA

La oscilación de Madden-Julian (MJO por sus siglas en inglés) es el principal modo de variabilidad intraestacional en los trópicos. Se trata de un tren convectivo de nubes que circunnavega la Tierra aproximadamente en 45 días. Esta oscilación es principalmente activa en el este del océano Índico y en el oeste del Pacífico. No obstante, es posible ver su huella en las tres cuencas.

Nuestra investigación se centra en ver el efecto de la MJO en las ondas oceánicas ecuatoriales, en concreto, nos centramos en las ondas de Kelvin. Siguiendo la metodología de Wheeler and Hendon (2004) y de Rydbeck et al. (2019) hemos conseguido tener una medida del impacto de la MJO en las ondas de Kelvin en las tres cuencas oceánicas.

Estudio de los precursores estratosféricos de eventos extremos en superficie a través de la modelización climática

De Maeseire Martínez, Daniel
Dpto. Física de la Tierra y Astrofísica, Universidad Complutense de Madrid, Madrid

Los eventos extremos son fenómenos climáticos con fuertes impactos socioeconómicos. Además, las proyecciones de cambio climático indican que este tipo de eventos van a ser más frecuentes en el futuro, por lo que es necesario una mejora en su predicción. Recientemente, diversos estudios sugieren la influencia de la circulación estratosférica y en concreto variabilidad asociada al vórtice polar, en la ocurrencia de este tipo de eventos extremos en superficie en latitudes medias del hemisferio norte hacia final del invierno y primavera. Estos fenómenos estratosféricos pueden ser de diferente naturaleza, puramente dinámica como los SSWs, que se caracterizan por un aumento abrupto de la temperatura de la estratosfera polar y una fuerte deceleración del vórtice polar, o de carácter más químico como la variabilidad polar asociada a máximos y mínimos de ozono estratosférico. En esta tesis doctoral se quiere analizar la influencia de la variabilidad estratosférica en eventos extremos en superficie en el hemisferio norte, entender los

mecanismos que dan lugar a esa influencia y explorar si la inclusión de variabilidad estratosférica en los modelos de predicción mejora la predicción de estos eventos extremos en superficie.

En un primer estudio, se ha analizado el impacto de los SSWs en los extremos de temperatura en superficie (olas de frío y olas de calor) en el HN. Además, se ha investigado si este impacto varía en situaciones de cambio climático. Dada la gran incertidumbre en las proyecciones futuras del vórtice polar, nuestros resultados muestran dos grupos de modelos, los que predicen un aumento en la ocurrencia de SSWs y los que muestran una disminución. Esta discrepancia va asociada a diferencias en la propagación de la señal desde la estratosfera hacia la superficie, pudiendo afectar a distintas características de las olas de frío y extremos cálidos, sobre todo en las regiones donde los SSWs tienen un mayor impacto.

Entendiendo los efectos biológicos de la radioterapia

Inés del Monte García

Departamento de Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica

La radioterapia es uno de los principales tratamientos actuales contra el cáncer. Se estima que más del 50% de los pacientes diagnosticados con cáncer son tratados con radioterapia (en solitario o combinada con otros tratamientos). Aun así, todavía hay muchas incógnitas rodeando los fundamentos radiobiológicos por los que este tratamiento funciona. Además, hay también un constante surgir de nuevas técnicas radiológicas que tienen como objetivo aumentar la eficiencia de la radioterapia y los tipos de cáncer que se pueden tratar con ella, con especial énfasis en reducir los efectos secundarios y la toxicidad del tratamiento.

Dentro de este contexto se encuentra mi proyecto de tesis, cuyo objetivo principal es intentar entender mejor cuál es la respuesta celular frente a la radioterapia y si esta cambia con el tipo de irradiación utilizada o, simplemente, al cambiar algún parámetro físico de la irradiación como la tasa o la energía de las partículas ionizantes. En esta charla mostraré resultados de algunos de los experimentos que he hecho hasta ahora, a la vez que os intentaré convencer de las ventajas de introducir a gente con una formación 'física' en investigaciones en el ámbito de la radiobiología.

Láminas delgadas de óxidos ferroeléctricos para electrónica flexible

Echaniz Cintora, María

Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid - CSIC

Actualmente la industria electrónica está demandando dispositivos con altas prestaciones, baratos, ligeros y flexibles, y que además presenten múltiples funcionalidades. Entre los candidatos óptimos para integrar en este tipo de dispositivos, se encuentran las láminas delgadas de óxidos ferroeléctricos. La mayoría de estos óxidos (e.g., BiFeO_3 , $\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3$, $\text{Hf}_{0.5}\text{Zr}_{0.5}\text{O}_2$, etc.) requieren altas temperaturas de procesamiento (500-700 °C) para conseguir la cristalización de la estructura responsable de sus propiedades. Sin embargo, estas temperaturas no son compatibles con los sustratos que se emplean en la electrónica flexible (e.g., plástico, papel, etc.) debido a sus bajas temperaturas de degradación (≤ 350 °C). Por lo tanto, es necesario desarrollar nuevos métodos de procesamiento que permitan la preparación directa de estos óxidos funcionales sobre sustratos flexibles.

En este trabajo se investigarán diferentes métodos de procesamiento en disolución para lograr disminuir la temperatura de cristalización de varios óxidos ferroeléctricos depositados en forma de película delgada sobre sustratos flexibles. El desarrollo de la investigación incluye la síntesis de disoluciones precursoras de óxidos metálicos, preparación de láminas delgadas mediante depósito químico de disoluciones ("Chemical Solution Deposition, CSD"), procesamiento a baja temperatura de las correspondientes láminas delgadas mediante distintas estrategias complementarias (diseño molecular, sonoquímica, fotoquímica, etc.), caracterización de las propiedades fisicoquímicas, micro/estructurales y eléctricas de las láminas delgadas resultantes, así como la evaluación de las aplicaciones de estos materiales integrados en distintos demostradores.

Viabilidad de un Sistema de Alerta Sísmica Temprana para la Región Ibero-Mogrebí basado en los daños potenciales de un terremoto

Escudero Palencia, Lucía

Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica, Universidad Complutense de Madrid

Los Sistemas de Alerta Sísmica Temprana (SAST), son una de las herramientas más eficaces para prevenir y mitigar los daños que puedan causar los terremotos. La Región Ibero-Mogrebí (RIM), es una zona de gran complejidad sismotectónica donde han ocurrido grandes terremotos destructivos, por lo que resulta un área de gran interés para la implementación de tecnologías avanzadas de alerta sísmica temprana. Desde octubre de 2015, en el Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica de la Universidad Complutense de Madrid está en funcionamiento un SAST basado en el software *PRESTo* (*Probabilistic and Evolutionary Early Warning SysTem*), que opera en toda la RIM. Actualmente, se está implementando en el mismo departamento un nuevo SAST, **QuakeUp**, basado en la predicción temporal progresiva del movimiento del suelo. A diferencia del SAST actual, basado en la determinación temprana del hipocentro y la magnitud del terremoto, *QuakeUp* combina las predicciones de la Velocidad Máxima del Suelo (*Peak Ground Velocity*, PGV) calculadas a partir de las amplitudes de las ondas P observadas y de la *Ground Motion Prediction Equation* (GMPE) específica de la región, que utiliza estimaciones progresivamente actualizadas de la localización y la magnitud del terremoto. Como resultado, proporciona un *shakemap* para toda la RIM que se actualiza con el tiempo. Esto permite hacer un seguimiento en tiempo real de las Zonas de Daño Potencial (*Potential Damage Zone*, PDZ). Estas zonas se definen como aquellas donde la Intensidad Instrumental (I_{MM}), calculada en términos de PGV, supera un umbral previamente definido.

Para implementar esta nueva metodología en la RIM, se han desarrollado relaciones empíricas específicas para la RIM entre PGV y las amplitudes máximas de las ondas P (en los registros de aceleración, velocidad y desplazamiento), y entre la magnitud y dichas amplitudes. Además, se ha desarrollado una GMPE para terremotos de $M_w \geq 4$ en la RIM. La metodología ha sido validada utilizando datos de la serie sísmica del Mar de Alborán de 2016 ($5.0 \leq M_w \leq 6.4$). En estas jornadas de doctorandos se mostrarán los resultados de la aplicación de *QuakeUp* a estos terremotos, destacando su potencial para mejorar la alerta temprana de terremotos en la RIM.

Collective behaviour in active systems and flow networks

Fernández-Quevedo García, Rodrigo

Dep. Est. de la Materia, Física Térmica y Electrónica, Universidad Complutense de Madrid, 28040 Madrid, Spain

Active matter and flow networks are fundamental to understanding a wide range of natural phenomena, from bacterial motion to vascular systems in animals and plants. These systems exhibit collective behaviors arising from their intrinsic dynamics.

My work explores via computer simulations an example of each of these systems. First, I will investigate a phenomenological flow network model with active elements that pump fluid and regions where volume accumulates. In this system, soliton-like structures spontaneously emerge, illustrating a transition from disorder to collective order. Next, I will examine a binary suspension of active and passive particles. As in purely active systems, this binary mixture exhibits Motility-Induced Phase Separation (MIPS). However, in contrast to the purely active case, MIPS is characterized by propagating bands.

Factores meteorológicos e incertidumbres en las proyecciones climáticas de los episodios de ozono superficial en Europa

Fuentes Alvarez, Tahimy

Facultad de Ciencias Físicas (Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica)

El ozono superficial es un contaminante atmosférico que produce efectos adversos en la salud humana, la vegetación y los cultivos. Se forma mediante la degradación de sus compuestos precursores en la atmósfera. Asimismo, se elimina de la atmósfera a partir de reacciones químicas y mediante la deposición en superficies, especialmente en la vegetación. Tanto el ozono como algunos de sus precursores pueden permanecer varios días en la atmósfera, lo que permite su transporte a grandes distancias. Los modelos atmosféricos tienen dificultades para representar satisfactoriamente estos procesos. Además, existen grandes incertidumbres en cómo evolucionarán las emisiones de los compuestos precursores en el futuro. Por todo esto, es importante cuantificar cómo estas deficiencias afectan a las

proyecciones climáticas de los episodios de ozono durante el siglo XXI. En particular, en esta tesis se investigará el impacto de las condiciones meteorológicas en los cambios de los episodios de ozono en Europa durante los meses de primavera y verano para distintos escenarios climáticos.

Dentro del proyecto en el que se enmarca esta tesis se ha desarrollado un algoritmo de detección de episodios de ozono. Éste se ha aplicado a un reanálisis de la composición atmosférica de los últimos 20 años, además de a simulaciones históricas y proyecciones futuras de modelos climáticos que participan en CMIP 6 (Coupled Model Intercomparison Project 6). En la tesis se ha comenzado a estudiar las características y el comportamiento estacional de los episodios de ozono durante los últimos 20 años. Además, se está investigando la influencia de diversas condiciones meteorológicas que se caracterizan por una ventilación reducida y que por tanto facilitan la acumulación de contaminantes en la superficie, como por ejemplo la ocurrencia de sistemas anticiclónicos y de situaciones de estancamiento atmosférico. En primer lugar, se ha implementado un algoritmo de detección de distintos tipos de sistemas anticiclónicos (bloques y dorsales). Para caracterizar el estancamiento atmosférico se ha aplicado un índice sencillo basado en umbrales predeterminados de precipitación e intensidad del viento. Por otra parte, para investigar la importancia del transporte de ozono a larga distancia se usará un modelo lagrangiano de dispersión y transporte.

En el transcurso de la tesis se aplicarán distintas técnicas para comprender cómo las políticas medioambientales y diversos aspectos del cambio climático podrían determinar la ocurrencia, extensión e intensidad de los extremos de ozono en el futuro. Entre otros aspectos, se investigará la influencia que podrían tener cambios en procesos termodinámicos (ej. aumento de la temperatura superficial, disminución de la humedad del suelo) y en la dinámica atmosférica (ej. cambios en la frecuencia de sistemas anticiclónicos y de situaciones de estancamiento, o en el estado del chorro extratropical).

Control de las propiedades eléctricas y ópticas de conductores transparentes y óxidos de metales de transición por irradiación con láseres ultrarrápidos.

Gómez Muñoz, Gonzalo
Laser Processing Group, Instituto de Óptica “Daza de Valdés” – CSIC

El procesado láser es una poderosa herramienta de funcionalización de superficies, aplicable a un amplio espectro de materiales. Dependiendo de las características del láser, del tipo de muestra y de las condiciones de irradiación, pueden definirse diversas técnicas de procesado para originar diversos procesos de transformación de la zona de material irradiado, sea en la superficie o en volumen.

Los materiales conductores transparentes (TCM's) son, como su nombre indica, materiales conductores con baja absorción óptica en la región visible, lo que los hace especialmente útiles en diversas tecnologías como las TIC's y la fotovoltaica, entre otras. Mediante procesado láser de pulsos ultracortos, es posible sintonizar las propiedades ópticas y eléctricas de estos materiales, induciendo cambios a nivel morfológico, estructural y composicional en sus superficies. Gracias a ello, es posible desplazar la ventana de transparencia de los TCM's y alterar su conductividad eléctrica, siendo incluso posible inducir anisotropías ópticas y o eléctricas al generar micro- y nano-texturas periódicas en su superficie mediante procesado por láser.

Por otro lado, algunos óxidos semiconductores de metales de transición poseen propiedades muy interesantes para aplicaciones ligadas al desarrollo de baterías, acumuladores de carga o catálisis. Estas propiedades están directamente relacionadas con la estructura cristalina y de defectos del material, dependientes en gran medida del contenido de oxígeno del material. Mediante procesado láser es posible modificar el contenido de oxígeno y la estructura del material, por lo que pueden obtenerse fases con propiedades específicas de gran utilidad en las aplicaciones mencionadas.

En la presentación, se mostrarán resultados obtenidos en ambas líneas de trabajo durante el primer año de desarrollo de la tesis. Los resultados ilustrarán el comportamiento de tres sistemas materiales en los que se ha logrado inducir una modificación de la respuesta óptica y o eléctrica mediante procesado por láser de femtosegundos, bien a través de la formación de estructuras periódicas en superficie (LIPSS) o bien mediante cambios de fase del material en volumen: óxido de estaño dopado con flúor (FTO), óxido de zinc dopado con distintos elementos (ZnO:x) y niobatos de titanio (TNOs).

Umbral crítico del manto de hielo de Groenlandia desde el Último Máximo Glacial hasta el futuro

Gutiérrez González, Lucía
Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica

En las últimas décadas, el manto de hielo de Groenlandia (GrIS por sus siglas en inglés) ha experimentado pérdidas de hielo que son cada vez más rápidas. Además, se espera que en las próximas décadas sea uno de los principales contribuyentes a la subida del nivel del mar global. Debido a una serie de mecanismos de retroalimentación positiva, el GrIS presenta un punto de inflexión o tipping point. Esto significa que, con un pequeño aumento de las temperaturas atmosféricas, si se supera el umbral crítico, el GrIS tendería a un estado prácticamente libre de hielo. Además, el GrIS presenta histéresis: si se alcanza este estado libre de hielo, la recuperación de un volumen similar al actual necesitaría temperaturas por debajo de las presentes, haciendo la recuperación del manto de hielo irreversible a escalas de tiempo humanas.

Su estabilidad ha sido estudiada desde el presente y hasta un futuro de calentamiento global, pero hay mucha incertidumbre en torno al valor del umbral crítico y se desconoce si la histéresis persiste en climas más fríos (y por tanto pasados). En esta tesis abordamos el problema desde una perspectiva paleoclimática y ampliamos el rango de estudio de la estabilidad del manto de hielo: comenzamos en un clima representativo del Último Máximo Glacial (hace ~21.000 años, cuando las temperaturas en Groenlandia estaban ~12 grados por debajo de las actuales) y hasta un calentamiento de 4 grados. De esta forma encontramos que la histéresis persiste en casi todo el rango de estudio y que existen dos tipping points: uno para un calentamiento futuro y otro en el clima pasado.

Desvelando el sector oscuro del Universo: fundamentos teóricos y consecuencias gravitatorias

Jaramillo Garrido, Darío
Departamento de Física Teórica

A pesar del interés generado por las observaciones cosmológicas recientes, sigue siendo poco lo que hoy en día conocemos con seguridad acerca de la materia y la energía oscura, comúnmente referidas en conjunto como el “sector oscuro” del Universo. El tratamiento usual en cosmología considera la validez de la teoría gravitatoria de la relatividad general en estas enormes escalas y construye el llamado modelo cosmológico estándar (conocido como el modelo Λ CDM). Sin embargo, la validez de la relatividad general a escalas cosmológicas no ha sido demostrada, sino inferida a partir de sus resultados satisfactorios en otros regímenes. De esta forma, podría tratarse de una teoría efectiva únicamente válida en ciertos límites; surgen así las teorías alternativas de gravedad.

En particular, en esta tesis consideraremos la posibilidad de que el sector oscuro del universo no presente las mismas simetrías que los campos materiales usuales en relatividad general (invariancia bajo difeomorfismos), sino únicamente un subgrupo de ellas (invariancia bajo difeomorfismos transversos). Más concretamente, implementaremos esta ruptura de simetría mediante la modificación del acople entre el contenido material y la gravedad. Analizaremos la fenomenología a nivel astrofísico y cosmológico generada por las distintas definiciones del término de volumen del sector oscuro.

Self-Assembly of Active Bifunctional Patchy Particles

Caterina Landi, Universidad Complutense de Madrid
Pl. de las Ciencias 1, Madrid, Spain
T: +39 377 307 4048, catlandi@uclm.es
John Russo, Sapienza Università di Roma
Francesco Sciortino, Sapienza Università di Roma

Colloidal self-assembly represents one of the most exciting topics in soft matter. In this context, activity emerges as a powerful tool, as it gives rise to a remarkable range of interesting collective behaviors. While most research on active colloidal matter has focused on suspensions of active particles interacting via isotropic potentials, the field has recently branched out to explore the interplay between activity and anisotropic interactions. Considering the “patchy particle” model as a practical model to study anisotropic interactions, we intend to investigate a system made of active patchy particles that form linear chains.

With the intent of exploring the polymerization of active patchy particles in linear chains, we study a two-dimensional suspension of active bifunctional Brownian particles (ABBP).

At all studied temperatures and densities, ABPPs self-assemble in aggregating chains, in contrast to the uniformly space-distributed chains observed in the corresponding passive systems. The main effect of activity in the system, other than inducing chain aggregation, is to reduce the average chain length and to increase the probability of two ABPPs to bond with the same orientation.

Interestingly, at the lowest temperature studied, as density increases, we observe a novel state, which we term MIPS (Motility-Induced Spiral Phase). In this state, chains aggregate to form spirals characterized by a finite angular velocity. On the contrary, at the highest temperature, density, and activity chains aggregate forming a different novel state characterized by a compact and hexagonally ordered structure, both translating and rotating. The rotation arises from an effective torque generated by the presence of competing domains where particles self-propel in the same direction.

Síntesis, desarrollo y optimización de materiales magnéticos para la eficiencia energética

Lorenzo Feijoo, Iker
Departamento de Física de Materiales

Las hexaferritas tipo M basadas en bario ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$) y en estroncio ($\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$) son óxidos ferrimagnéticos de gran interés científico en tanto que presentan una estructura hexagonal compleja, marcada anisotropía magnetocristalina, y buenos valores de campo coercitivo, producto de energía e imanación de saturación. Además, desde el punto de vista medioambiental y económico, son interesantes porque no dependen de materias primas críticas, geográficamente localizadas y de extracción no sostenible, como son las tierras raras. Cabe destacar que representan el mayor porcentaje en peso de material magnético manufacturado a nivel mundial.

La presentación introducirá las hexaferritas y explorará sus diferentes propiedades y aplicaciones. Así mismo, se explicará el proceso de síntesis llevado a cabo, con objeto de optimizar las propiedades magnéticas mediante una ruta sencilla, así como las técnicas empleadas para su caracterización estructural, composicional, morfológica y magnética. Se emplearán para ello los resultados de algunas de las muestras preparadas a lo largo de la tesis.

Introducción a la gravedad cuántica de lazos

Mínguez Sánchez, Andrés
Instituto de Estructura de la Materia (IEM-CSIC)

La gravedad cuántica de lazos es una teoría que busca unificar la relatividad general con la mecánica cuántica. En esta charla, presentaré de manera breve las ideas fundamentales que sustentan el formalismo y, posteriormente, abordaré un problema conceptual que surge al intentar cuantizar la gravedad: la física en ausencia de un tiempo.

Interpretando Máquinas Restringidas de Boltzmann desde la Física Estadística

Navas Gómez, Alfonso de Jesús
Departamento de Física Teórica

Las *Máquinas Restringidas de Boltzmann* (RBMs, por sus siglas en inglés) son modelos de aprendizaje automático no supervisado estructurados como redes neuronales bipartitas. Estas máquinas son capaces de capturar correlaciones estadísticas presentes en los datos, utilizando una función de energía asociada a una distribución de Boltzmann. Estos modelos encuentran aplicaciones en una amplia variedad de áreas, desde el análisis de datos biológicos, como el estudio de secuencias de proteínas, hasta tareas de compresión de datos y reconocimiento de patrones en inteligencia artificial. Su capacidad para modelar distribuciones complejas los hace especialmente útiles en problemas donde la estructura estadística subyacente es difícil de determinar.

Esta tesis doctoral ha abordado el desafío de interpretar físicamente las RBMs mediante un mapeo directo entre estas y los Hamiltonianos interacción de magnética de espines clásicos, de tipo Ising (para variables binarias) o Potts (para

variables categóricas). Este enfoque permite identificar interacciones de cualquier orden, más allá de las interacciones por pares tradicionalmente estudiadas en problemas estadísticos inversos, como el aprendizaje de Boltzmann clásico. Esto abre la puerta a una descripción más completa de datos complejos con relevancia científica. En primer lugar, validamos nuestra aproximación a través de múltiples experimentos numéricos controlados. Además, hemos aplicado este mapeo al problema de la predicción de contactos de proteínas a partir de datos de secuencias alineadas, obteniendo resultados comparables a los métodos de Análisis de Acoplamiento Directo (DCA) actuales. Al final de la charla, se discutirán direcciones futuras y nuevos problemas de investigación que surgen de este trabajo

Characterization of a novel proton-CT scanner for protontherapy

Nerio Aguirre, Amanda Nathali
Instituto de Estructura de la Materia, CSIC

Proton therapy relies on accurate knowledge of patient anatomy to ensure precise dose delivery. Treatment planning systems in proton therapy centers rely on X-ray computed tomography (CT) as the primary imaging modality to calculate proton treatment doses for tumors and surrounding healthy tissues. However, the derivation of proton stopping powers from X-ray images introduces significant uncertainties in proton range, which can affect dose accuracy. To reduce this uncertainty, proton computed tomography (pCT) has been proposed as an alternative imaging method, offering the potential for more direct and accurate proton relative stopping power (RSP) determination with reduced radiation exposure. This work evaluates the capabilities of a newly developed pCT scanner, designed with a system of double-sided silicon strip tracking detectors and a high-energy-resolution CEPA4 scintillator for measuring the residual energy of protons. This prototype was tested in a series of experimental campaigns conducted at the Cyclotron Centre Bronowice (CCB) proton therapy facility in Krakow, Poland. Custom-made volumetric phantoms, composed of PMMA matrices with inserts of air, ethanol, water, Delrin, Teflon, and aluminum, were positioned within the scanner's field of view and irradiated with protons at various energies. Proton radiographs were reconstructed from the pixelated tracking detectors, and they were converted into continuous images by *uniformly* distributing the statistics of each pixel over the pixel area. Sinograms were generated and used to reconstruct tomographic images employing the Filtered Back-Projection algorithm. The reconstructed images were analyzed to assess the spatial resolution and RSP mapping capabilities of the scanner. Radiographic images exhibited high fidelity in reproducing the shapes of the studied samples, achieving a spatial resolution better than 2 mm in radiography mode and below 3 mm in tomography mode. The RSP values obtained were consistent with previously published data and comparable to those achieved by other state-of-the-art pCT systems. Preliminary findings indicate that the scanner can produce medium to high-quality images, making it a promising tool for reducing range uncertainties in proton therapy. Current efforts are focused on further data analysis using additional samples and proton beam energies up to 200 MeV, aiming to refine the scanner's imaging performance and evaluate its applicability in real settings. These results demonstrate the potential of this pCT scanner for advancing proton therapy treatment planning, with significant implications for improving dose accuracy and minimizing radiation exposure, thereby enhancing both therapeutic efficacy and patient safety.

Caracterización con radiación sincrotrón de nanomembranas de óxido de galio

Pérez Peinado, Paula
Departamento de Física de Materiales, Universidad Complutense de Madrid

El óxido de galio (Ga_2O_3) es un semiconductor clave en fotónica y electrónica de alta potencia debido a su bandgap ultra ancho (4.9 eV) y a su elevado voltaje de ruptura. Su fase monoclinica ($\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$) se caracteriza por tener una alta anisotropía que influye significativamente en sus propiedades ópticas, electrónicas y térmicas. Además, las nanomembranas (NMs) de $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ han surgido como materiales cuasi-2D prometedores para el desarrollo de dispositivos con arquitecturas novedosas. Sin embargo, la mayor parte de la investigación actual de este material se centra en las propiedades electrónicas, por lo que el estudio de las propiedades ópticas aún no está muy desarrollado.

En este trabajo, se sintetizan y caracterizan NMs de $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ con morfologías bien definidas y orientaciones cristalográficas bien identificadas, obtenidas mediante exfoliación mecánica. Como este material presenta una alta anisotropía, la caracterización de estas NMs en función de la orientación va a ser un factor importante. Para ello, se utilizan técnicas basadas en radiación sincrotrón con el fin de estudiar sus propiedades ópticas y su dependencia con

la polarización. En particular, se estudia la luminiscencia intrínseca en rango azul-UV y los centros responsables de esta emisión.

Estudio de Annealing Cuántico mediante Aprendizaje Automático

Pomares Porras, Emilio
Departamento de Física Teórica, Facultad de Ciencias Físicas

Este proyecto tiene como objetivo el estudio de cómo aplicar diferentes técnicas de aprendizaje automático profundo al problema del *annealing* cuántico. El trabajo incluye la obtención y mantenimiento de conjuntos de datos, exploración y entrenamiento de diferentes arquitecturas de redes neuronales y contraste de los resultados simulados mediante la integración de la ecuación de Schrödinger dependiente del tiempo con los obtenidos mediante el uso de un dispositivo de annealing cuántico como los procesadores de D-Wave.

Síntesis rápida de micro- y nanocristales de NiO y heteroestructuras basadas en NiO mediante calentamiento resistivo

Ramos Ramos, Diego José
Departamento de Física de Materiales

El óxido de níquel (NiO) es un óxido semiconductor con una banda de energías prohibidas ancha (de 3.4 a 4.3 eV), destacado como un material tipo p para aplicaciones en fotovoltaica, sensores de gases, baterías, entre otras. La síntesis de NiO generalmente requiere altas temperaturas (800-1400 °C) y largos tiempos (15-20 horas o más en óxidos ternarios), o reacciones químicas complejas. Sin embargo, las crecientes demandas energéticas y ecológicas impulsan la búsqueda de métodos de síntesis sostenibles, eficientes y libres de elementos tóxicos y/o críticos.

En este contexto, se ha propuesto un método rápido, económico y de alta eficiencia basado en el calentamiento resistivo (Joule-heating) para la síntesis de NiO micro- y nanocristalino con la posibilidad de integrar heteroestructuras añadiendo óxidos semiconductores tipo n. Con este método, en condiciones ambientales mediante calentamiento Joule, obtenemos NiO en segundos o minutos, sustituyendo procesos que duran horas o días. Esto permite un gran ahorro energético, con resultados comparables en cristalinidad y homogeneidad a los obtenidos mediante tratamientos térmicos convencionales.

Además, en el marco del Proyecto Europeo HEWOX, se han caracterizado láminas delgadas (25-45 nm de espesor) de NiO sintetizadas por ablación láser pulsada (PLD), integrándolas en heteroestructuras NiO/Ga₂O₃ para su aplicación en detectores de radiación ultravioleta (UV) solar-blind.

Propiedades ópticas de aerosoles observadas por el sensor de radiación y polvo (RDS) de MEDA en el cráter Jezero, Marte

Rodríguez Veloso, Raúl
Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial. Departamento de Observación de la Tierra y Ciencias del Espacio. Área de Investigación e Instrumentación Atmosférica.

Aerosols on Mars are a primary element for studying the interaction between the solar radiation and the atmosphere and surface. Depending on properties such as aerosol number density, particle radius, or refractive index, the impact of the aerosols can provide positive or negative radiative feedbacks on the dynamics of the atmosphere. Previous studies have revealed large temporal and spatial variability in the aerosol optical properties, emphasizing the necessity for continuous monitoring of these properties throughout the day and at multiple locations. To address these measurements, the Radiation and Dust Sensor (RDS) is part of the Mars Environmental Dynamics Analyzer (MEDA) payload onboard of the Mars 2020 rover Perseverance. RDS instrument comprises two sets of 8 photodiodes (RDS-DP) and a camera (RDS-SkyCam). One set of photodiodes is pointed upward, with each one covering a different wavelength range between 190-1200 nm. The other set is pointed sideways, 20 degrees above the horizon, and they are spaced 45 degrees apart in azimuth to sample all directions at a single wavelength. The analysis of these

observations with a radiative transfer model allow us to fit aerosol parameters such as the aerosol opacity at different wavelengths or the aerosol particle radius.

Fast-timing Study of Nuclear Shape Deformation in ^{100}Sr across $N=60$

Sánchez Prieto, Jesús
Instituto de Estructura de la Materia (IEM), CSIC

The region around $N\approx 60$ with $Z\leq 40$ has generated considerable interest as it features the most abrupt shape transition known to date in the nuclear chart, when crossing from $N=58$ to $N=60$. This transition is closely linked to shape coexistence, a phenomenon where two or more states with different intrinsic shapes coexist within the same nucleus at low excitation energy and within a narrow energy range. Specifically, the abrupt change arises from the inversion of two distinct quantum configurations of nucleons, each corresponding to different nuclear shapes. This phase transition emphasizes the importance of nuclear deformations and the variety of shapes present in neutron-rich nuclei such as strontium and zirconium.

In the case of ^{100}Sr ($N=62$), once shape inversion occurs at $N=60$, intruder states play a crucial role in understanding the structural evolution of the nucleus. These states refer to configurations where nucleons follow an orbital occupancy order that does not align with the predictions of the spherical shell model, underscoring the importance of deformation and collective effects. To investigate shape transitions and nuclear structure in ^{100}Sr , we conducted an experiment at the ISOLDE Decay Station (IDS), populating their excited states via the beta decay of ^{100}Rb . Fast-timing techniques, particularly through the use of γ - γ coincidences, enable the measurement of half-lives of excited states on the order of tens of picoseconds. These new half-life measurements resolve discrepancies with previous values and provide new insights into the nuclear structure of neutron-rich nuclei in the $N\approx 60$ region, furthering the understanding of the shape deformation phenomenon.

Observando y modelando el campo magnético de la Tierra

Serrano Sánchez-Bravo, Mario
Universidad Complutense de Madrid (Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica)

La Tierra posee un campo magnético, originado principalmente en el núcleo externo, que la protege del bombardeo constante de partículas de alta energía emitidas por el Sol. No solo es un fenómeno esencial para la vida en el planeta, sino que también tiene numerosas aplicaciones prácticas, como las que requieran información de navegación u orientación, y su conocimiento es importante en otras muchas disciplinas científicas, desde estudios relacionados con el Space Weather hasta algunos tan distintos como los relacionados con las migraciones animales. Por todo ello, es importante contar con un modelo internacional de referencia del campo geomagnético, el conocido como International Geomagnetic Reference Field (IGRF). En esta presentación se expondrá brevemente la forma en que la UCM ha participado en el proceso de elaboración de este modelo, apoyándose en el uso de datos medidos por satélites y en datos tomados en observatorios terrestres.

Studying Electronic Relaxation Dynamics upon Photoexcitation in

Shaw, Kushal Kumar
Department of Chemical Physics

Photochemical processes driven by ultraviolet light play an essential role in atmospheric chemistry, in materials science, and also in biological processes. Molecular building blocks of life absorb ultraviolet radiation, and often present high stability from breakage upon absorption of radiation due to ultrafast non-radiative processes. Dissociative $1\Pi\sigma^*$ states are mostly the key players in the photoresistive properties of aromatic amino acids. In order to obtain a deep understanding of the interaction between the $1\Pi\pi^*$ and $1\Pi\sigma^*$ states, simpler molecular structures are needed.

In the work presented here, time-resolved photoelectron spectroscopy measurements with sub-20fs temporal resolution will be reported. With this technique, the electron relaxation and the coupled electron-nuclear dynamics of anisole and its ortho-methyl substitute will be discussed. In the experiment, pump pulses tunable in the UV (from 258 to 287 nm) were used to prepare electronically excited neutral states of the molecule. Meanwhile, the probe beam was generated with a high order harmonic generation source coupled to a time-delay compensated monochromator able to select one specific harmonic. In particular, the 32th harmonic of 800 nm was selected, which corresponds to 25 eV. The photoelectron kinetic energy distributions were measured as a function of the UV-XUV time-delay, allowing universal detection of transient molecular structures and energy relaxation processes. In addition, and in another line of experiment, transient absorption spectroscopy (TAS) experiments on nitroaniline and their methyl substitutes have been also carried out to study the charge transfer effects, arising due to photoexcitation and will be quickly presented.

El campo magnético en el supercúmulo de Shapley

Alonso López, David
Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica & IPARCOS

Recientemente, se han descubierto “puentes” de gas entre cúmulos de galaxias que potencialmente pueden contener parte de los “bariones perdidos” en el Universo local. El estudio del campo magnético en estos puentes puede iluminar la presencia de estos bariones mediante el efecto de Rotación de Faraday. Usando datos de Rotación de Faraday de un nuevo radiotelescopio (ASKAP-POSSUM), que trazan la presencia del gas y del campo magnético, en combinación, por primera vez, de datos de Planck del efecto Sunyaev-Zeldovich, que traza la densidad del gas, se ha podido detectar una señal del gas magnetizado entre los cúmulos A3558-A3562 en el centro del supercúmulo de Shapley. Usando diferentes métodos para modelizar el gas y el campo magnético, se han conseguido obtener nuevos conocimientos sobre la naturaleza de los campos magnéticos a escalas de Mpc, lejos de las regiones centrales de los cúmulos de galaxias.

Revelando la Forma de los Halos de Materia Oscura mediante la Torsión de Corrientes Estelares

Bariego Quintana, Adriana
UCM (Departamento de Física Teórica)

Este estudio investiga la geometría de los halos de materia oscura en las galaxias. Se inicia con el análisis de curvas de rotación, pero se identifica la necesidad de datos fuera del plano galáctico para estimar la longitud de los semiejes de un halo triaxial. Para ello, se emplean corrientes estelares de la Vía Láctea con el objetivo de restringir la forma de su potencial. Se realizan simulaciones numéricas de corrientes estelares alrededor de halos de materia oscura con distintas formas, evaluando la torsión en estas estructuras, y se comparan los resultados con los datos observados en la Vía Láctea.

Stellar Encounters with the Beta Pictoris System

Gragera Más, Jose Luis
Centro de Astrobiología (CAB), CSIC-INTA

Beta Pictoris (BP) is an A-type star hosting a planetary system with two massive planets and a debris disk featuring a complex double structure. Additionally, the presence of absorption lines with short-term variability in the Beta Pictoris spectrum has been interpreted as cometary material falling into the star. To better understand the origin of the exocometary activity in the Beta Pictoris system, we have conducted an investigation into the role of stellar flybys. These passing stars can perturb objects within the Beta Pictoris cloud of comets, altering their periastron distances and potentially injecting them into the inner stellar system, thereby triggering exocomet showers. Using precise astrometry data from the Gaia mission, supplemented by radial velocity data from other surveys, we reconstructed Beta Pictoris's stellar encounter history by tracing the orbits of nearby stars within detailed galactic potential models. The catalogue of stellar encounters with the Beta Pictoris system provides a foundation for our simulations aiming at studying the effects of such encounters on BP's Oort cloud and their potential correlation with cometary activity in the inner regions of the system.

Spatial distribution of phosphorus-bearing molecules in star-forming regions

Haasler García, David
Centro de Astrobiología, INTA-CSIC

The study of the chemical composition of star- and planet-forming regions is a fundamental step to understand how prebiotic chemistry could have proceeded in the early Earth. In particular, phosphorus (P) is a critical element for the development of life as we know it given its key role in several biomolecules, although the formation mechanisms of P-bearing molecules in the interstellar medium remain poorly understood.

The sensitivity of current radio interferometers like the Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA) allows us to search for faint molecules and map their spatial distribution in great detail. We have used high spatial resolution (~ 50 au) observations carried out with ALMA to search for two P-bearing molecules, phosphorus nitride (PN) and phosphorus oxide (PO), towards IRAS 16293-2422, the prototypical analog of the precursor of the Solar System. These observations target three sets of rotational transitions of PN and PO, allowing us to perform a multi-transition analysis to study the excitation of these molecules. The observations show that the emission of PN and PO arises from shocked material traced by the emission of the shock tracers sulfur monoxide (SO), and sulfur dioxide (SO₂).

The comparison between the current observational evidence and available chemical models indicates that the chemistry of P-bearing species is mainly regulated by shocks, which contribute to desorbing the phosphorus locked on the dust grains. The models suggest that a yet unknown P-carrier is desorbed from the dust grain surface, and subsequent gas-phase reactions would then lead to the formation of PN and PO.

M1-92: moléculas en la muerte de una estrella

Masa Andrés, Elisa
Observatorio Astronómico Nacional (OAN-IGN)

Las continuas mejoras en la sensibilidad de los interferómetros de rango milimétrico y sub-milimétrico y de los radiotelescopios de antena única permiten un estudio cada vez más detallado de las nebulosas pre-planetarias en especies moleculares distintas del ¹²CO y el ¹³CO. Con una nueva actualización introducida en el programa SHAPE+shapemol podemos crear modelos morfocinemáticos para reproducir observaciones de estas envolturas en hasta 12 especies moleculares diferentes, lo que permite una descripción precisa de sus características físicas, así como de sus abundancias moleculares y proporciones isotópicas.

La nebulosa pre-planetaria M1-92 es uno de los objetos más complejos de este tipo, con un amplio rango de condiciones físicas y más de 20 especies moleculares detectadas. En este estudio modelamos esta nebulosa, reproduciendo los datos observacionales de espectros de IRAM-30m y los mapas interferométricos de NOEMA, tratando de entender la evolución de su estrella central en las últimas fases de su vida. Los resultados muestran características que nos cuentan la historia de su muerte: el gas turbulento a lo largo del eje de simetría, el ratio isotópico de ¹⁷O/¹⁸O y las diferentes proporciones de ¹²C/¹³C a lo largo de la nebulosa indican que M1-92 fue el resultado de un evento repentino que interrumpió la evolución de la estrella AGB central junto con otros procesos que aún tienen lugar.

Desentrañando los orígenes cósmicos: la Galaxia de los Tres Dragones en la Época de la Reionización

Prieto Jiménez, Carlota
Centro de Astrobiología (CSIC-INTA)

La época de la Reionización marcó un momento clave en la historia del Universo ya que nacieron las primeras galaxias. Este periodo ahora se puede estudiar con más detalle gracias al Telescopio Espacial James Webb (JWST), el cual ha identificado galaxias formadas tan solo 290 millones de años después del Big Bang, acercándonos a descubrir los inicios del cosmos. A estas edades, debido al desplazamiento al rojo (redshift) las líneas de emisión del óptico se desplazan al infrarrojo, por lo que se pueden estudiar con los diferentes instrumentos del JWST.

En esta presentación, me centraré en un ejemplo de una galaxia de esta época: la galaxia B14-65666 (también conocida como la Galaxia de los Tres Dragones) que existió cuando el Universo tenía 740 millones de años (redshift $z=7.15$). Las galaxias de esta época se caracterizan por su intensa formación estelar y por su interacción gravitacional con otras

galaxias, incluyendo procesos de fusión que influyen en su evolución. Para estudiar la galaxia hemos utilizado datos multilongitud de onda, combinando observaciones con JWST y el observatorio ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array). Esta combinación permite un análisis detallado de las propiedades físicas de la galaxia, como su formación estelar, su contenido de gas y polvo, y los procesos dinámicos asociados con su evolución.
