

# Propuestas de Trabajos de Fin de Grado para el curso 2017-2018

## 1. Estudio de una estructura metamaterial mediante simulación numérica.

**Descripción:** Se conoce como “metamaterial” a un material artificial que presenta propiedades (electromagnéticas) inusuales, propiedades que proceden de la estructura diseñada y no de su composición, es decir, son distintas a las de sus materiales constituyentes; de esta manera, podemos diseñar propiedades efectivas que no encontramos en la naturaleza: refracción negativa, girotropía en radiofrecuencia, transmisión “extraordinaria”, etc. En este trabajo, partiremos de una estructura metamaterial previamente conocida, y obtendremos las características de su comportamiento electromagnético mediante simulaciones numéricas.

No es un trabajo de programación. Las simulaciones se realizarán a través de la interface de usuario del software comercial CST® MWS®, disponible en el Grupo de Investigación de Electromagnetismo Computacional. También existe una versión libre para estudiantes en <https://www.cst.com/academia/student-edition>.

**Tutor del trabajo:** Ismael Barba García, Ana Grande Sáez.

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** No

## **2. Ondas Electromagnéticas: Simulación por ordenador.**

**Descripción:** Las ondas electromagnéticas son soluciones de las ecuaciones de onda para campos sometidas a ciertas condiciones de contorno (propagación en medio libre, paredes metálicas...). La simulación de la propagación de ondas electromagnéticas en presencia de medios de diferentes propiedades permite visualizar diferentes fenómenos, como ondas progresivas y regresivas, reflexión y refracción, ondas estacionarias, modos de propagación en sistemas de guiado..., así como la medida numérica de parámetros característicos.

No es un trabajo de programación. Las simulaciones se realizarán a través de la interface de usuario del software comercial CST® MWS®, disponible en el Grupo de Investigación de Electromagnetismo Computacional. También existe una versión libre para estudiantes en <https://www.cst.com/academia/student-edition>.

**Tutor del trabajo:** Ana Cristina López Cabeceira, José Represa Fernández.

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** No

### **3. Física de Película.**

**Descripción:** Los directores de cine no siempre se rodean de buenos asesores científicos para grabar sus películas y vemos escenas de pocos minutos con multitud de errores desde el punto de vista de la Física. En otras ocasiones sí son acertadas. Todas pueden ser útiles para la comprensión de fenómenos físicos, tanto a través de los aciertos como de los errores. El objetivo pretendido es explorar las posibilidades para comprender la Física universitaria que nos brindan el cine, las series de televisión, las viñetas de comic y la literatura.

El alumno conocerá algunos ejemplos referidos someramente en clase. Se trata entonces de elaborar una relación de escenas audiovisuales y gráficas con sus correctas y rigurosas explicaciones científicas basadas, sobre todo, en conocimientos y conceptos de la titulación.

**Tutor del trabajo:** Ana Cristina López Cabeceira, Ismael Barba García.

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** No

#### **4. Modelado numérico de la propagación de ondas electromagnéticas mediante métodos de Diferencias Finitas en el Dominio del Tiempo incondicionalmente estables**

**Descripción:** La formulación clásica del método de las diferencias finitas en el dominio del tiempo (FDTD) permite resolver numéricamente las ecuaciones de Maxwell en el dominio del tiempo. Este método da lugar a un algoritmo condicionalmente estable, es decir, el tamaño del paso temporal utilizado en el proceso de integración tiene un límite máximo por encima del cual el método es inestable. Cuando el tamaño de la celda espacial es muy pequeño el método resulta poco eficiente ya que el paso temporal de integración resulta innecesariamente pequeño. Este trabajo considera la posibilidad de emplear métodos alternativos de tipo incondicionalmente estable (ADI-FDTD). En este método el tamaño máximo del paso temporal no está limitado por razones de estabilidad, sólo por consideraciones de exactitud.

El trabajo a realizar consiste en la formulación y desarrollo de un algoritmo ADI-FDTD en dos dimensiones ( $TE_z$ ). La implementación del código se realizará en MatLab. Una vez desarrollada la formulación se realizará un estudio de la dispersión numérica, comparando los resultados obtenidos con el método FDTD convencional.

**Tutor del trabajo:** Ana Grande Sáez, José Represa Fernández.

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** No

## **5. Estudio computacional de la dinámica de paredes entre dominios magnéticos: aplicación a *stacks* asimétricos**

**Descripción:** El trabajo propuesto pretende profundizar en el estudio de la dinámica de paredes entre dominios magnéticos en heteroestructuras (*stacks*) formadas por tres capas (metal pesado-ferromagnético-óxido) dispuestas formando tiras de décimas de micra de anchura, siendo el ferromagnético de apenas unas capas atómicas de espesor. La dinámica está promovida por la inyección de corriente en el metal pesado.

El interés de este estudio no sólo reside en la riqueza de la Física involucrada en esta dinámica (anisotropía perpendicular, estructuras quirales de la magnetización o efecto espín-Hall), sino también en su interés tecnológico, lo que se conoce como memorias *racetrack*. En estas memorias, la distancia más corta posible entre paredes define el tamaño de bit, por lo que resulta imprescindible el desplazamiento sincronizado de estas paredes, evitando al máximo su posible interacción. Este trabajo trata de revisar los aspectos, fundamentalmente geométricos, que dificultan este movimiento sincronizado.

**Tutor del trabajo:** Óscar Alejos Ducal

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** Sí

## **6. Sistema no intrusivo de medida de vibraciones: posibles aplicaciones en acústica.**

**Descripción:** Se tratará de diseñar y construir un instrumento para la medida de vibraciones que perturbe lo menos posible al sistema a medir. Inicialmente se explorará el uso de sensores piezoeléctricos de muy pequeño tamaño, calibrando su respuesta en frecuencia. Posteriormente se intentaran métodos sin contacto, basados en la interferometría de microondas, asistidos o no por reflectores resonantes anclados al sistema sometido a medida.

En todos los casos se realizará un análisis en el dominio de la frecuencia usando excitaciones discretas en el tiempo (impulsionales) o en la frecuencia (armónicas).

Finalmente se tratará de relacionar la información obtenida de los modos resonantes de un instrumento musical con la Física que los describe.

Se trata de un trabajo eminentemente experimental, en el que se tocarán temas de acústica y vibraciones, electrónica, sensores, microondas, control de instrumentos, tratamiento de señal y desarrollo de software.

**Tutor del trabajo:** José María Muñoz.

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** No

## **7. Diseño de un sensor RADAR para la detección remota de la actividad cardiaca y respiratoria.**

**Descripción:** Se tratará de diseñar y construir un instrumento para la medida sin contacto de los pequeños movimientos asociados con la actividad cardiaca y respiratoria en seres vivos. El diseño estará basado en la interferometría de microondas usando frecuencias entre 2,5 y 24 GHz.

Se diseñarán los filtros necesarios (tanto en hardware como en software) para separar las frecuencias de interés del ruido, y se buscarán los algoritmos más adecuados para el procesado de la señal en tiempo real.

La primera parte del trabajo consistirá en la búsqueda de información sobre la fisiología cardiaca, sobre el estado del arte en este tema y sobre las aplicaciones de los métodos de detección remota.

La segunda, será eminentemente experimental, en la que se abordarán temas de fisiología, interacción radiación-materia, electrónica, sensores, microondas, control de instrumentos, tratamiento de señal y desarrollo de software.

**Tutores del trabajo:** Carlos Torres, José María Muñoz.

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** No

## **8. Fabricación y caracterización de cerámicas ferrimagnéticas**

**Descripción:** Los materiales magnéticos cerámicos son utilizados desde los años 40 en diversos campos tecnológicos y en la actualidad aún poseen importantes aplicaciones en campos como la conversión de potencia y dispositivos de microondas. En este trabajo se plantea la fabricación, mediante el método cerámico, de una serie de muestras ferrimagnéticas, así como la caracterización estructural, mediante difracción de rayos X, y la caracterización magnética mediante la medida del ciclo de histéresis, la susceptibilidad magnética transversal y/o la magnetoabsorción en el rango de frecuencias de microondas. El trabajo irá precedido de una revisión bibliográfica de las principales características de estos materiales y de sus métodos de fabricación más habituales. Es muy recomendable que el alumno haya cursado o esté cursando la asignatura optativa "Propiedades eléctricas y magnéticas de materiales"

**Tutor:** Pablo Hernández Gómez

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** No



## **9. Técnicas de caracterización de defectos en dieléctricos de alta permitividad en estructuras Metal-Aislante-Semiconductor**

**Descripción:** La piedra angular de las tecnologías de fabricación de circuitos integrados es la calidad de los dieléctricos de puerta de los transistores MOSFET. La miniaturización ha llevado a que el aislante habitualmente utilizado, el óxido de silicio, ha tenido que ser sustituido por otros materiales aislantes de constante dieléctrica muy superior a la aquél. El reto fundamental es que tanto el material aislante como la superficie entre éste y los sustratos semiconductores estén absolutamente libres de defectos. Por ello es obligatorio disponer de técnicas experimentales capaces de detectar estos defectos hasta densidades muy bajas.

En este trabajo se pretende utilizar técnicas de caracterización eléctrica especialmente diseñadas para analizar estas estructuras metal-aislante-semiconductor. Unas son técnicas de uso habitual en este escenario, otras son técnicas desarrolladas dentro del Grupo de Caracterización de Materiales Electrónicos de la Uva. Se estudiarán materiales de alta permitividad crecidos por la técnica ALD en el Instituto de Física de Estonia (Tartu) y en el Centro de Excelencia en ALD de la Universidad de Helsinki.

**Tutor del trabajo:** Salvador Dueñas

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** No

**10. Título: Mecanismos de conducción y conmutación resistiva en estructuras Metal-Aislante-Metal.**

**Descripción:** Las memorias de conmutación resistiva son en este momento candidatas muy prometedoras para sustituir a las tecnologías de memoria actuales, tanto volátiles como no volátiles. Frente a las memorias volátiles (SRAM, DRAM) presentan la ventaja de que se trata de celdas de memoria (memristores) de menor tamaño y con tiempos de lectura escritura comparables, y además son no volátiles (mantienen su estado en ausencia de alimentación). Por otro lado, las tecnologías no volátiles actuales (FLASH) son mucho más lentas, tecnológicamente más complejas, y menos robustas y duraderas, que las basadas en memristores.

El trabajo a realizar consiste en el estudio experimental de las características eléctricas en régimen estacionario, transitorio y de pequeña señal de memristores consistentes estructuras metal-aislante-metal, en las que el aislante presenta el comportamiento de conmutación resistiva. Se utilizarán técnicas convencionales y técnicas desarrolladas ad-hoc para este tipo de dispositivos.

**Tutor del trabajo:** Salvador Dueñas

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** No

## **11. Caracterización estructural de materiales cristalinos: análisis de imágenes con resolución atómica mediante la transformada de Fourier.**

**Descripción:** Los materiales cristalinos se caracterizan por tener sus átomos ordenados en el espacio en una estructura periódica. El grupo más pequeño de átomos que constituye el patrón repetitivo se denomina “celda unidad”. Esa periodicidad puede ser alterada por diferentes factores tanto deseados (como las modificaciones en el periodo espacial de la celda unidad para introducir tensión en el material) como indeseados (como por ejemplo por la aparición de defectos en la estructura cristalina). En cualquier caso es necesario poder determinar esas alteraciones de la periodicidad.

Una posibilidad consiste en analizar imágenes con resolución atómica utilizando el formalismo de la transformada de Fourier. Este formalismo permite detectar las periodicidades de la estructura cristalina y sus alteraciones. De esta manera se pueden identificar defectos cristalográficos difícilmente reconocibles a simple vista, cuantificar el desplazamiento de los átomos de su posición ideal, determinar el vector de Burgers asociado a defectos cristalográficos, o cuantificar campos de tensiones en el material.

En este TFG se pretende que el alumno entienda los fundamentos del análisis de Fourier de imágenes con resolución atómica de materiales cristalinos, y cómo a partir de este análisis es posible obtener información estructural del material.

Requisitos: en este TFG el alumno tendrá que desarrollar e implementar algoritmos. Se requiere cierta predisposición a la programación, pero no se requieren conocimientos avanzados. También es recomendable (pero no imprescindible) estar familiarizado con programas del tipo de Matlab/Octave/Scilab.

**Tutor:** Iván Santos Tejido

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** No

## 12. Modelado de SiGe mediante potenciales empíricos.

**Descripción:** El crecimiento de películas de SiGe ha despertado gran interés en los últimos años para la fabricación de dispositivos lógicos de alta velocidad y por la posibilidad de crecer estructuras tridimensionales que pueden ser utilizadas en la formación de puntos cuánticos en dispositivos fotónicos, pirámides para mejorar la absorción óptica, sensores, etc.

Mediante la técnica de simulación de Dinámica Molecular se puede describir la evolución de un sistema a nivel atómico siempre que los potenciales empíricos que describen las interacciones atómicas sean apropiados. Aunque existen muchos estudios realizados para el silicio, y también, aunque en menor medida, para el germanio, son muy pocos los estudios sistemáticos realizados sobre SiGe.

El objetivo de este TFG es valorar la adecuación de algunos potenciales empíricos seleccionados para modelar distintas propiedades del sistema SiGe. Para ello se empleará el software de simulación paralelo LAMMPS, desarrollado en el Laboratorio Nacional de Sandía de EE.UU, y se ejecutarán simulaciones en los servidores multiprocesador del grupo "*Multiscale Materials Modeling*" del GIR de Electrónica de la Universidad de Valladolid (<http://www.ele.uva.es/~mmm>).

En el trabajo propuesto, el alumno se familiarizará con la técnica de dinámica molecular, manejará equipos informáticos de altas prestaciones y software paralelo, aprenderá a diseñar simulaciones para la obtención de propiedades del material, realizará pequeños programas para el análisis de los resultados de la simulación y determinará la adecuación de los potenciales seleccionados mediante la comparación con valores experimentales o teóricos.

**Tutores:** Iván Santos Tejido y Lourdes Pelaz Montes

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** No

### **13. Acondicionamiento de sensores.**

**Descripción:** Hoy en día estamos rodeados de todo tipo de sensores: de temperatura, de humedad, de luz, de campos magnéticos, de movimiento... Estos sensores reciben un tipo de estímulo, y generan una señal eléctrica (corriente o tensión) que pasa a ser leída por un sistema electrónico para actuar en consecuencia. Sin embargo, esta señal eléctrica normalmente es muy débil y hay que amplificarla. Además, los sistemas electrónicos suelen detectar señales en un rango determinado de tensiones, por lo que hay que restringirse a ese rango para que la lectura que hacen no esté saturada.

En este TFG se pretende que el alumno adquiera conocimientos teóricos y prácticos sobre el acondicionamiento de sensores. Elegirá uno o varios sensores, y realizará su acondicionamiento para que un sistema electrónico pueda leer la señal que proporciona.

Requisitos: en este TFG se requiere cierta predisposición a la programación, pero no se requieren conocimientos avanzados. También es recomendable tener inquietud por los montajes experimentales.

**Tutor:** Iván Santos Tejido

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** No

#### **14. Estudio de la interacción del campo electromagnético con nanohilos heteroestructurados de Si-InGaAs**

**Descripción:** En este Trabajo Fin de Grado se propone el estudio y caracterización de nanohilos semiconductores con heterouniones axiales, con vistas a su aplicación en distintos campos: iluminación, energía (solar y termoeléctrica), sensores, entre otras. Estas aplicaciones tienen un nexo común que radica en la posibilidad de optimizarse ad hoc, gracias a la dependencia de las propiedades físicas de los nanohilos con sus características, tanto intrínsecas (composición y naturaleza) como extrínsecas (longitud, diámetro, estado de la superficie, dopantes, etc.). En este proyecto se pretende desarrollar un modelo físico para la interacción del campo electromagnético con nanohilos semiconductores heteroestructurados. En el estudio se utilizarán como métodos experimentales Microscopía Electrónica de Barrido y espectroscopía Raman en modo microscópico, paralelamente se elaborará un modelo teórico del sistema luz-nanohilo y se resolverán las ecuaciones de Maxwell por elementos finitos. De esta manera se podrán comparar directamente los resultados teóricos y experimentales, comprobando la validez de los modelos físicos. Los materiales que se utilizarán en el estudio son fundamentalmente nanohilos semiconductores de los grupos IV y III-V, en concreto nanohilos con heterouniones axiales de Si-InAs y Si-InGaAs.

Observaciones: La fase experimental necesariamente se desarrollará en los laboratorios de la Unidad de Investigación Consolidada de Castilla y León "GdS-Optronlab", ubicados en el edificio LUCIA.

**Tutores:** José Luis Pura Ruiz y Juan Jiménez López

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** Sí

## **15. Diseño de un programa para el tratamiento y explotación de imágenes de electroluminiscencia obtenidas en módulos solares**

**Descripción:** El control de calidad in-situ de los módulos solares se ha convertido en un requisito ineludible de las industrias que explotan la energía fotovoltaica. La detección de los defectos en los paneles, tanto los debidos a la fabricación o instalación como los originados por el uso, es un factor muy importante que incide en la rentabilidad de las instalaciones. Una de las tecnologías que está adquiriendo cada vez más relevancia es la basada en medidas de electroluminiscencia. El proyecto consistiría en el desarrollo de un programa para el tratamiento de las imágenes obtenidas por este procedimiento para la detección y clasificación de diferentes defectos, microgrietas, puntos calientes, etc.

**Tutores:** Miguel Ángel González Rebollo y Oscar Martínez Sacristán

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** No

## **16. Desarrollo de polímeros nanocelulares basados en PMMA utilizando TPU como agente nucleante**

### **Descripción:**

Objetivo: El objetivo del presente trabajo de fin de grado consiste en desarrollar polímeros nanocelulares en base polimetilmetacrilato (PMMA) utilizando como agente nucleante otro polímero, en concreto, poliuretano termoplástico (TPU). Con esta finalidad se producirán diferentes formulaciones empleando para ello distintos porcentajes de TPU. Se analizará la estructura de los materiales sólidos y de los materiales celulares para evaluar y cuantificar el efecto nucleante del TPU y determinar si se han producido mecanismos de degeneración celular. Además los parámetros de espumado (presión y temperatura de saturación, tiempo, temperatura, etc.) serán optimizados con la finalidad de minimizar la densidad de los polímeros nanocelulares.

Motivación: Hoy en día existe una clara necesidad de mejorar la eficiencia energética de los edificios para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. De hecho, las normativas de la Unión Europea relacionadas con este tema se están volviendo cada vez más restrictivas. Para cumplir estas normativas con los aislantes térmicos que actualmente se encuentran en el mercado sería necesario incrementar el espesor de las paredes hasta 3 veces, reduciendo por lo tanto el espacio habitable de las viviendas.

Estas razones han provocado que la comunidad científica se vea en la necesidad de desarrollar nuevos materiales aislantes con propiedades térmicas y mecánicas mejoradas. Algunos de estos nuevos aislantes térmicos de alto rendimiento serían los VIPs y los aerogeles, los cuales aún se encuentran lejos de ser considerados como una solución real debido a su elevado precio y a sus pobres propiedades mecánicas.

Una de las vías en este proceso son los materiales que incorporan una estructura celular (porosa). Es bien sabido que cuanto menor sea el tamaño de poro (llegando incluso al rango nanocelular) y menor sea la densidad de dichos materiales celulares mejores serán sus propiedades de aislamiento térmico. Obtener estas características estructurales es un reto científico de gran dificultad que requiere de un trabajo sistemático y de profundas investigaciones. En este trabajo se tratará de desarrollar polímeros nanocelulares (en base PMMA) de bajas densidades que puedan ser utilizados como super-aislantes térmicos añadiendo, para ello, un agente nucleante (TPU) y optimizando los parámetros de espumado.

Aspectos formativos: El estudiante que realice este trabajo tendrá la oportunidad de formarse en aspectos relacionados con la nanotecnología, ya que tanto las propiedades como las aplicaciones de los materiales a desarrollar están condicionadas por la escala nanométrica de sus celdas y paredes celulares. Podrá además manejar equipos de laboratorio de última generación para la caracterización de las formulaciones sólidas y de los polímeros nanocelulares.

Otras consideraciones: Al ser un trabajo con una fuerte base experimental al estudiante deberá gustarle el trabajo de laboratorio.

**Tutores:** Victoria Bernardo García, Ester Laguna Gutiérrez y Miguel Ángel Rodríguez Pérez

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** No



## **17. Modelización de la conductividad térmica en materiales celulares basados en vidrio**

### **Descripción:**

Objetivo: El objetivo del presente trabajo de fin de grado consiste en desarrollar un modelo que permita predecir la conductividad térmica de un conjunto de materiales celulares en base vidrio. Para desarrollar este modelo se deberá estudiar y modelizar los tres mecanismos de conducción del calor que operan en este tipo de materiales: conducción a través de la fase gaseosa, conducción a través de la fase sólida y radiación y establecer ecuaciones que permitan predecir la conductividad de cada mecanismo como función de parámetros estructurales del material como densidad, propiedades físicas del vidrio y estructura celular.

Motivación: Hoy en día existe una clara necesidad de mejorar la eficiencia energética de los edificios para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. De hecho, las normativas de la Unión Europea relacionadas con este tema se están volviendo cada vez más restrictivas. Para cumplir estas normativas se están desarrollando de forma constante nuevos materiales aislantes térmicos que tratan de mejorar a los actuales desde diversos puntos de vista. Un interesante material en este sentido son las espumas de vidrio. Estos materiales celulares presentan densidades entre 50 y 150 kg/m<sup>3</sup>, tienen muy buenas propiedades mecánicas y son ignífugas. Sin embargo, los mecanismos de transmisión del calor no se han estudiado hasta la fecha con detalle y por ello no se dispone de un modelo adecuado para predecir la conductividad térmica de estos nuevos sistemas. El poder entender estos mecanismos y desarrollar un modelo predictivo sería de gran ayuda de cara a proponer estrategias que permitan reducir la conductividad térmica de estos materiales.

Aspectos formativos: El estudiante que realice este trabajo tendrá la oportunidad de formarse en aspectos relacionados con la ciencia de los materiales. El trabajo tiene una parte experimental, relativa a la caracterización estructural y de las propiedades de los materiales, y una parte de modelización. Podrá además manejar equipos de laboratorio de última generación para la caracterización de las de los materiales celulares y de los sólidos de partida.

Otras consideraciones: Al ser un trabajo con una parte de contenido experimental al estudiante deberá gustarle el trabajo de laboratorio.

**Tutores:** Miguel Ángel Rodríguez Pérez

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** No

## **18. Espectroscopia Raman resuelta en tiempo y LIBS a distancia. Análisis de muestras de interés para el instrumento SuperCam de la NASA.**

**Descripción:** Realización de experimentos Raman y LIBS (Espectroscopia de Plasma Inducida por Laser) sobre muestras de interés empleando instrumentos remotos de la Unidad Asociada UVA-CSIC al Centro de Astrobiología desarrollándose los siguientes aspectos:

- Raman resuelto en tiempo aplicado a muestras fluorescentes. Estimación de respuesta temporal de diferentes muestras.
- LIBS: identificación de las líneas espectrales de interés para muestras minerales relevantes. Identificación de líneas moleculares.
- Combinación Raman y LIBS: correlación de resultados Raman y LIBS con el fin de mejorar las estimaciones cuantitativas sobre la muestra. Establecer las posibles alteraciones Raman introducidas por la medición LIBS.

Es conveniente que el alumno posea conocimientos de las diferentes técnicas espectroscópicas Raman y LIBS o que haya cursado la asignatura optativa “Síntesis y caracterización estructural de los materiales” del Grado de Física.

**Tutores:** José Antonio Manrique Martínez y Jesús Medina García

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** No

## **19. Análisis de la tendencia de la temperatura en la costa mediterránea**

**Descripción:** En estos últimos años se ha hablado mucho del cambio climático. Una forma sencilla de cuantificarlo es a través del análisis de la tendencia de la temperatura. En la actualidad hay una amplia gama de bases de datos que son de acceso libre. La primera parte de este trabajo está orientada a la descripción de una de estas bases de datos. A continuación se seleccionarán estaciones con una cierta uniformidad climática, ya que están situadas en la costa mediterránea. Se analizarán los datos de temperaturas diarias máxima y mínima con el objetivo de elegir intervalos comunes. El cálculo de la tendencia se realizará mediante regresiones lineales. Con los valores de las tendencias se establecerán grupos de estaciones para determinar en qué lugares el crecimiento ha sido mayor. Por último, se calcularán deciles de los valores mensuales con el propósito de cuantificar el crecimiento en función de los valores de las temperaturas.

**Tutores:** Isidro A. Pérez y M<sup>a</sup> Luisa Sánchez

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** No

## **20. Correlación de propiedades atmosféricas de los aerosoles: medidas en tierra y datos de satélite.**

**Resumen:** Actualmente es aceptado el papel protagonista de los aerosoles en los posibles escenarios de evolución del clima a gran escala. Sus efectos radiativos en la atmósfera son conocidos pero no están cuantificadas sus aportaciones positivas y negativas en el forzamiento radiativo del clima, lo que les confiere gran importancia en los estudios relacionados con el cambio climático. Las medidas disponibles proceden de fotómetros instalados en estaciones de tierra (medidas con gran precisión) y medidas obtenidas por satélites en sensores diversos, como radiómetros o Lidar (medidas con más baja precisión aunque más globales que las anteriores). Este TFG trata de obtener conclusiones acerca de la validez para sustituir los datos de tierra por los de satélite y el análisis de las condiciones atmosféricas que son favorables a dicha correlación.

El TFG se llevará a cabo dentro del Grupo de Óptica Atmosférica de la Univ. de Valladolid. Se recomienda al alumno manejo de programación informática, especialmente en entorno Matlab.

**Tutores:** Abel Calle Montes y Cristian Velasco Merino

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** No

## **21. Medida de las curvas de coexistencia del equilibrio líquido-líquido en sistemas formados por un componente aromático polar + un alcano.**

**Descripción:** Se pretende que el alumno domine la técnica de medida del equilibrio líquido-líquido (ELL). Para ello, determinará curvas de coexistencia del ELL de mezclas de interés tanto teórico como industrial. En particular, se estudiarán sistemas donde el componente polar posea el grupo funcional carbonilo ó éster. Asimismo, a lo largo del trabajo, el alumno se familiarizara con la Termodinámica de los equilibrios de fase, prestando especial atención al ELL y con los métodos de reducción de datos mediante la técnica de ajustes no lineales, lo que le permitirá obtener información sobre los exponentes críticos.

**Tutores:** Dres. I. García de la Fuente y J. A. González López

---

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** No

**22. Determinación experimental de las curvas de coexistencia del equilibrio líquido-líquido mediante el método de la opalescencia crítica en sistemas formados por un hidroxiéter + un alcano.**

**Descripción:** El objetivo que se pretende es que el alumno domine la técnica de medida del equilibrio líquido-líquido (ELL). Para ello, determinará curvas de coexistencia del ELL de mezclas de interés tanto teórico como industrial. En particular, se estudiarán sistemas donde el componente polar posea varios grupos oxígeno. Asimismo, a lo largo del trabajo, el alumno se familiarizara con la Termodinámica de los equilibrios de fase, prestando especial atención al ELL y con los métodos de reducción de datos mediante la técnica de ajustes no lineales, lo que le permitirá obtener información sobre los exponentes críticos

**Tutores:** I. García de la Fuente y J. A. González López

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** No

---

### **23. Análisis de cambios estructurales en láminas poliméricas mediante Elipsometría y Refractometría**

**Descripción:** La elipsometría es una técnica de caracterización de materiales, que en este trabajo se aplicará al estudio de diversos materiales poliméricos. A partir del análisis del cambio en el estado de polarización de la luz que se hace incidir sobre las muestras, y utilizando un modelo adecuados, es posible obtener información del espesor de la muestras o de las distintas capas depositadas o que conforman la muestra.

**Tutores:** Antonio Hernández y Laura Palacio

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** No

## **24. Determinación de Viscosidades de Líquidos Nanoconfinados**

**Descripción:** El uso de líquidos confinados en materiales nanoporosos está cada vez más extendido en la industria (p.e. el uso de cristales líquidos). Sin embargo este confinamiento puede producir cambios importantes en sus propiedades físicas (en las transiciones de fase, en las propiedades elásticas, etc.). Estas modificaciones también afectan a la viscosidad de dichos líquidos cuando están en cavidades nanométricas, lo cual puede influir en su comportamiento y en sus propiedades dinámicas.

En este trabajo, se pretende analizar los cambios en la viscosidad de líquidos confinados en materiales con nanoporos utilizando medidas de permeabilidad.

**Tutores** Pedro Prádanos del Pico y Antonio Hernández.

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** No



## **25. Determinación de tamaño de nanoporos por Espectroscopía de impedancias.**

**Resumen:** La caracterización estructural de materiales, necesita ir evolucionando y mejorando a medida que se pretende llegar al estudio de tamaños cada vez más pequeño. En este trabajo, se pretende comprobar la validez de la espectroscopía de impedancias, una técnica ampliamente usada en otros ámbitos, para el estudio de la distribución de tamaños de poro de materiales nanoporosos.

**Tutores:** Laura Palacio Martínez y Pedro Prádanos.

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** No

## **26. Aprendiendo física en ambientes informales con smartphones**

**Descripción:** El TFG consiste en diseñar experimentos de física que se puedan realizar en actividades diarias utilizando como instrumento de medida un smartphone y alguna aplicación ya desarrollada que permita acceder a los sensores del dispositivo (acelerómetro, giróscopo, magnetómetro, sensor de sonido, sensor de luz, sensor de proximidad, barómetro,...). El alumno debe identificar situaciones y experimentos susceptibles de poderse realizar de dicha manera, establecer la metodología, realizar medidas de ejemplo, analizar los resultados tanto desde un punto de vista experimental (exactitud, respetabilidad,...) como teórico (comparación con modelos o teorías) y escribir un breve resumen o guion que permita orientar a otros alumnos para que puedan repetirla con sus propios dispositivos. Este breve resumen de cada práctica diseñada será ya una parte de la memoria que se debe entregar del TFG. El TFG debe incluir un artículo breve final que se publique en una revista internacional como Physics Education, European Journal of Physics, The Physics Teacher o American Journal of Physics

**Tutores:** Manuel Ángel Delgado y Miguel Ángel González Rebollo

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** Sí

---

## **27. Desarrollo de prácticas de física de bajo coste mediante sensores**

**Descripción:** El TFG consiste en adaptar una práctica de un laboratorio de física basada en el estudio del movimiento en un carril de aire. Esta adaptación se basará en el uso de sensores baratos (acelerómetros, giróscopos, ultrasonidos o infrarrojos) que permitan obtener las posiciones, velocidades y aceleraciones de los cuerpos que se desplazan sobre el carril. El dispositivo electrónico (sensores, arduino o raspberry pi) están adquiridos y funcionando, de manera que el TFG se basará en los aspectos de estudio y adaptación de la práctica de laboratorio, detección de errores o puntos débiles y mejora de los mismos, análisis de las medidas, propuesta de montaje y redacción de las memorias de trabajo para que cualquier otro alumnos pueda repetir las medidas con dichos sensores. El TFG debe incluir un artículo breve final que se publique en una revista internacional como Physics Education, European Journal of Physics, The Physics Teacher o American Journal of Physics

**Tutores:** Manuel Ángel Delgado y César Llamas Bello

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** Sí

## **28. Desarrollo de prácticas de física usando smartphones**

**Descripción:** El TFG consiste en adaptar diferentes prácticas de física de laboratorio para que puedan ser realizadas usando los sensores incluidos en un smartphone o tableta (acelerómetro, giróscopo, magnetómetro, sensor de sonido, sensor de luz, sensor de proximidad, barómetro,...) como herramientas de medida. El alumno debe identificar algunas prácticas del laboratorio de TEF I susceptibles de poderse realizar usando smartphones, establecer la metodología, realizar medidas de ejemplo, analizar los resultados comparándolas con la técnica tradicional de realización y escribir un breve resumen o guion de la práctica para realizarla con el smartphone. Este breve resumen de cada práctica diseñada será ya una parte de la memoria que se debe entregar del TFG. El TFG debe incluir un artículo breve final que se publique en una revista internacional como Physics Education, European Journal of Physics, The Physics Teacher o American Journal of Physics

**Tutores:** Manuel Ángel Delgado y Miguel Ángel González Rebollo

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** Sí

## 29. Estructura electrónica y propiedades magnéticas de nanoaleaciones de FeNi

**Descripción:** Se ha demostrado experimentalmente que los óxidos de aleaciones FeNi son mejores que los óxidos de Fe puro para determinados procesos catalíticos, como por ejemplo en reacciones de descomposición de moléculas perniciosas [1]. Las aleaciones FeNi tienen, asimismo, propiedades magnéticas [2], como por ejemplo el permaloy (20% Fe, 80% Ni) que posee (alta magnetización de saturación, baja coercividad y alta magnetorresistencia por anisotropía) y son ampliamente usada en transformadores, cabezas grabadoras y sensores.

Las propiedades estructurales y electrónicas cambian por efecto de tamaño finito, y en consecuencia también las propiedades catalíticas y magnéticas. La capacidad catalítica se ve incrementada cuando la proporción de superficie de catalizador expuesta a los agentes externos es mayor. En este contexto, las nanopartículas son muy interesantes, ya que el ratio superficie/volumen es grande y, además, pueden simular entornos locales en sistemas granulares. En cuanto a las magnéticas, a partir de un tamaño se entra en régimen de monodominio; si se reduce más el tamaño, hasta el orden de decenas o cientos de nanómetros dependiendo del sistema, se entra en régimen superparamagnético. Los efectos de confinamiento cuántico aparecen y nuevas propiedades emergen, como estructuras distintas a trozos del cristal, estequiometrías distintas a las de la fase extensa, cuantización del espectro, aumento de la polarización de spin, etc.

El objetivo de este trabajo es explorar, por medio de simulación a nivel mecánico-cuántico, la estructura electrónicas y propiedades magnéticas de nanopartículas FeNi de tamaño nanométrico (nanoaleaciones de FeNi). Se trata de una primera etapa que permitirá, más adelante, investigar otros aspectos como la oxidación o propiedades catalíticas para determinados procesos. Para ello, lo primero será caracterizar la posible o posibles estructuras geométricas del estado fundamental de la nanoaleación, así como su estructura electrónica. Las simulaciones se realizarán en el marco de la teoría del funcional de la densidad. Este será el objetivo principal del TFG en el tiempo disponible.

Para realizar el TFG es conveniente tener conocimientos del entorno Linux.

**Tutores:** Andrés Vega Hierro y Rodrigo Humberto Aguilera del Toro

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** Sí

### **30. Medidas de radiactividad en aguas**

**Descripción:** El trabajo de Fin de Grado que se propone tiene por objeto el estudio y determinación de diferentes elementos radiactivos en muestras de agua de distintas procedencias. Dichos elementos provienen de manera natural de minerales y rocas subterráneas erosionados por el agua, pudiendo ocurrir que las concentraciones naturales se incrementen por la actividad humana. Su contenido, en algunos casos debe ser determinado con vistas a la potabilidad del agua como se ha manifestado en la legislación reciente. Para ello se colaborará con el Laboratorio de Técnicas Instrumentales de la UVA que dispone de equipos de espectrometría alfa, beta y gamma que son las técnicas apropiadas para esta finalidad. La asignatura de Técnicas Experimentales en Física IV incluye una parte en la que se realizan medidas de radiactividad. Puesto que se imparte en los primeros meses del curso el alumno adquiere una formación básica para pasar a los métodos más sofisticados empleados en medidas de radiactividad ambiental.

**Tutora:** Pilar Iñiguez de la Torre Bayo

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** No

### **31. Simulaciones de Monte Carlo-Metrópolis del almacenamiento de hidrógeno, metano y gas natural en materiales nanoporosos de carbono**

**Descripción:** Este Trabajo de Fin de Grado consiste en hacer y analizar simulaciones de Monte Carlo-Metrópolis del almacenamiento de hidrógeno, metano y gas natural en materiales nanoporosos de carbono y en comparar los resultados de las simulaciones con los experimentos.

Los materiales nanoporosos de carbono que se estudiarán son: Nanoporos plano-paralelos, nanotubos, fullerenos y estructuras toroidales de carbono de diferentes tamaños. Las simulaciones se harán a temperatura ambiente y a presiones entre 1 y 250 bares.

Las interacciones entre las moléculas y entre las moléculas y los átomos de carbono de los materiales nanoporosos se simularán mediante potenciales de Lennard-Jones. Se simulará el conjunto macrocanónico (potencial químico, temperatura y volumen constantes) y se calcularán las capacidades gravimétricas de almacenamiento de los materiales nanoporosos. Finalmente, se analizarán dichas capacidades y se explicará el origen físico de su dependencia de la temperatura, la presión, el tamaño y la forma de los materiales nanoporosos.

Se proporcionará al alumno un código que hace este tipo de simulaciones de Monte Carlo-Metrópolis. No se necesitan conocimientos de programación.

**Tutor:** Iván Cabria Álvaro

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** sí

### **32. Simulaciones de Monte Carlo-Metrópolis del almacenamiento de hidrógeno, metano y gas natural en MOFs**

**Descripción:** Este Trabajo de Fin de Grado consiste en hacer y analizar simulaciones de Monte Carlo-Metrópolis del almacenamiento de hidrógeno, metano y gas natural en MOFs (Metal-organic Frameworks; redes organometálicas en inglés) y en comparar los resultados de las simulaciones con los experimentos.

Los MOFs son sólidos porosos formados por iones o agregados metálicos enlazados con ligandos orgánicos de tal manera que configuran redes cristalinas con porosidad permanente. Son una familia muy extensa de materiales y se estudiarán unos representantes de dicha familia: MOF-5, MOF-77, Zr-MOF525 y HKUST-1. Las simulaciones se harán a temperatura ambiente y a presiones entre 1 y 250 bares.

Las interacciones entre las moléculas y entre las moléculas y los átomos de los MOFs se simularán mediante potenciales de Lennard-Jones. Se simulará el conjunto macrocanónico (potencial químico, temperatura y volumen constantes) y se calcularán las capacidades gravimétricas de almacenamiento de los materiales nanoporosos. Finalmente, se analizarán dichas capacidades y se explicará el origen físico de su dependencia de la temperatura, la presión, el tamaño y la forma de los materiales nanoporosos.

Se proporcionará al alumno un código que hace este tipo de simulaciones de Monte Carlo-Metrópolis. No se necesitan conocimientos de programación.

**Tutor:** Iván Cabria Álvaro

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** sí



### **33. Nanoaleaciones especiales**

**Descripción:** En casos especiales, dos metales inmiscibles en la fase macroscópica forman, sorprendentemente, algunos agregados atómicos bimetálicos muy estables. Este es el caso de los agregados de plomo y aluminio, en particular AlPb10+ y AlPb12+, en los que el átomo de aluminio está encapsulado dentro de una jaula formada por átomos de plomo. En este trabajo se propone investigar la razón de esta sorprendente miscibilidad que ocurre en la escala nanométrica, para así diseñar criterios de miscibilidad que permitan la síntesis de nuevas nanoaleaciones con propiedades especiales. Este tipo de agregados binarios es muy adecuado para constituir la unidad elemental de materiales nanoestructurados ya que, modificando su forma, tamaño y composición, permite alcanzar una gran versatilidad en las propiedades finales. La metodología de cálculo que se empleará para llevar a cabo este estudio es el Formalismo del Funcional de la Densidad (DFT), basado en la aplicación de la mecánica cuántica a sistemas de muchas partículas, que aúna precisión en los cálculos y versatilidad en el tratamiento de sistemas de complejidad creciente.

**Tutor:** Julio Alfonso Alonso Martín y María José López Santodomingo

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** sí

### **34. Estudio comparativo de la adsorción y disociación de hidrógeno en nanopartículas de distintos metales de transición: aplicaciones en almacenamiento de hidrógeno y en pilas de combustible.**

**Descripción:** El dopado de materiales de carbono porosos con nanopartículas metálicas (por ejemplo de paladio) mejora la capacidad de estos materiales para almacenar hidrógeno. El mecanismo propuesto en los estudios experimentales para justificar esta mejora se conoce con el nombre de “spill-over” (o desbordamiento) y consiste en la adsorción y disociación del hidrógeno molecular en la nanopartícula metálica y la posterior difusión del hidrógeno atómico hacia el soporte de carbono. Sin embargo las evidencias teóricas muestran que este mecanismo no es viable en paladio debido a la alta energía con la que el paladio liga al hidrógeno atómico. Esto explica que el aumento encontrado experimentalmente en la capacidad de almacenamiento de carbones dopados con paladio sea pequeño. En este trabajo se propone el estudio teórico y computacional de la adsorción de H<sub>2</sub> y la disociación  $H_2 \rightarrow H+H$  sobre pequeñas nanopartículas libres (de tamaño y estructura determinados) de metales de la fila 3d. El objetivo es comparar las barreras de disociación de los distintos metales e investigar si algún metal disocia fácilmente la molécula H<sub>2</sub> (baja barrera) y a la vez la energía de adsorción de la molécula disociada, H+H, es baja, con lo cual el spill-over sería más fácil que en Pd. El alumno tendrá la oportunidad de aprender y aplicar el método del funcional de la densidad, que es una técnica actual avanzada para el cálculo de estructuras electrónicas.

**Tutores:** María José López Santodomingo y Alejandra Granja del Río

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** sí

### **35. Estructura y propiedades dinámicas del cobre líquido**

**Descripción:** Mediante simulaciones de dinámica molecular de primeros principios se estudiarán las propiedades que describen la estructura de un líquido y el movimiento atómico, a partir del cual se obtendrán diversos coeficientes de transporte, como el coeficiente de difusión y la viscosidad, y otras propiedades dinámicas. Estas técnicas se aplicarán al Cu líquido a una temperatura cercana a la temperatura de fusión, y los resultados obtenidos se validarán comparando con los valores experimentales existentes. Es conveniente tener conocimientos del entorno Linux.

**Tutores:** David J. González Fernández y Luis Enrique González Tesedo

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** no

### **36. Propiedades estructurales y dinámicas del metal cromo en su fase líquida**

**Descripción:** Se trata de realizar un cálculo teórico de ciertas propiedades estructurales del metal cromo en su fase líquida y a unas condiciones termodinámicas de presión y temperatura cercanas a las correspondientes a su punto triple. Este estudio se realizará mediante la técnica de simulación donde el cromo líquido será caracterizado mediante un modelo consistente en unos 100 átomos y cuyas interacciones se describirán resolviendo la ecuación de Schrödinger para los electrones de valencia. De esta forma se generarán unos cuantos miles de configuraciones, las cuales servirán posteriormente para evaluar diferentes propiedades estáticas, dinámicas así como algunos coeficientes de transporte. Es recomendable que el alumno tenga conocimientos del entorno Linux.

**Tutores:** David J. González Fernández y Luis Enrique González Tesedo

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** no

### **37. Simulaciones ab-initio de la reactividad de nanocatalizadores de platino**

**Descripción:** Las partículas metálicas compuestas de pocos átomos (agregados ó clusters) son de gran interés en catálisis debido a sus propiedades especiales, que varían incluso cambiando un sólo átomo. Esto hace muy interesante su uso en reacciones que requieran obtener una alta selectividad. El trabajo propuesto consiste en el estudio teórico de algunas reacciones de interés (como la reacción water-gas-shift) en nanocatalizadores basados en el platino. Se emplearán herramientas de simulación ab initio de alta precisión, que permiten reproducir con alta precisión la estructura electrónica de estos sistemas. En primer lugar, el alumno deberá familiarizarse con el manejo del software de simulación GPAW. Posteriormente, empleará este programa para realizar cálculos de la adsorción y reacción de diversos compuestos sobre nanocatalizares metálicos, para así caracterizar la selectividad de estos sistemas.

**Tutor:** Luis Miguel Molina Martín

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** sí

### **38. Nanotubos y nanocintas de grafeno**

**Descripción:** El trabajo trata del estudio de algunas propiedades del grafeno y de dos de sus variedades: nanotubos y nanocintas (o nanoribbons). En particular se estudiará la aproximación tight-binding y su límite continuo para el grafeno y su aplicación a los nanotubos y nanocintas. Son suficientes conocimientos a nivel de grado de mecánica cuántica. El trabajo es puramente teórico y está a medias entre la física teórica y la física del estado sólido.

**Tutor:** Javier Negro Vadillo

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** sí

### **39. Modelos gauge Galileanos**

**Descripción:** Obtener y estudiar, mediante el procedimiento de expansión de álgebras de Lie, modelos gauge basados en extensiones del álgebra de Galileo a partir de la gravedad de Einstein en dimensiones arbitrarias. El trabajo es puramente teórico.

**Tutor:** José Manuel Izquierdo Rodríguez

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** sí

#### **40. Hacia una supergravedad de Einstein/Newton en $(3+1)+1$ dimensiones**

**Descripción:** Obtener, a partir de la supergravedad en  $D=3+2$  y por el procedimiento de expansiones de álgebras de Lie, un modelo de gravedad con un tiempo absoluto y otro relativo, estudiando después si el resultado es supersimétrico. El trabajo es puramente teórico.

**Tutor:** José Manuel Izquierdo Rodríguez

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** sí



#### **41. El modelo de Friedrichs para resonancias en mecánica cuántica no relativista**

**Descripción:** En el modelo de Friedrichs se estudia una interacción entre un átomo con un nivel y un campo externo. Esta interacción hace que el átomo se vuelva inestable. Estados cuánticos inestables se pueden representar mediante funciones de Gamow, y en el modelo de Friedrichs se pueden obtener exactamente. Por otro lado, resonancias se estudian en un tipo de proceso de difusión (scattering) resonante. Curiosamente, el modelo de Friedrichs se adapta bien a esta descripción mediante difusión resonante. Se pueden explicitar los operadores de Moller y el operador S de scattering en este modelo. Podría hacerse una extensión a más de un nivel. Son suficientes conocimientos a nivel de grado de mecánica cuántica. El trabajo es puramente teórico.

**Tutor:** Manuel Gadella Urquiza

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** sí

## **42. Scattering no relativista en una dimensión y su aplicación al potencial Pöschl-Teller**

**Descripción:** En primer lugar se trata de desarrollar la teoría general del scattering cuántico no relativista (matriz y estados de scattering, continuación analítica de la matriz S -polos y estados ligados-, el teorema de Levinson y el problema de los "modos cero"). A continuación se aplicará todo lo anterior al potencial de Pöschl-Teller (ya sea en su versión clásica o en la más general) y se discutirán los diversos ámbitos de la Física en los que este potencial juega un papel importante. Son suficientes conocimientos a nivel de grado de mecánica cuántica. El trabajo es puramente teórico.

**Tutores:** Manuel Gadella Urquiza y José María Muñoz Castañeda (UPM)

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** sí

#### **43. Teoría cuántica de campos del modelo $\phi^4$ en 1+1 dimensiones: reglas de Feynmann y renormalización a un lazo**

**Descripción:** Se trata de estudiar la teoría cuántica de campos en 1+1 dimensiones, dada por la densidad lagrangiana del modelo  $\phi^4$  y así aprender, entre otras cosas, sobre ruptura espontánea de la simetría, cálculo de propagadores y de diagramas de Feynmann, o renormalización a un lazo. Se espera que en cada apartado el alumno haga una introducción general al tema que le permita familiarizarse con el mismo y realizar los cálculos explícitos necesarios a posteriori. Son suficientes conocimientos a nivel de grado de mecánica cuántica. El trabajo es puramente teórico.

**Tutores:** Luis Miguel Nieto Calzada y José María Muñoz Castañeda (UPM)

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** sí

#### **44. Radiación de Hawking en la interacción entre átomos acelerados**

**Descripción:** La *Radiación de Hawking* es el resultado de la aplicación de teoría cuántica de campos en espacios curvos. Hawking demostró que las fluctuaciones de vacío de un campo escalar en el horizonte de sucesos en torno a un agujero negro dan lugar a la emisión de partículas de energía positiva en la dirección de un observador externo y a la emisión de antipartículas de energía negativa en la dirección del agujero negro, causando la evaporación efectiva de éste. La radiación resultante recogida por el observador externo tiene como espectro el de un cuerpo negro a temperatura finita siendo la temperatura el inverso de la masa del agujero negro. Un fenómeno análogo es el *Efecto Unruh*, que consiste en la observación de un espectro de emisión tipo cuerpo negro por parte de un observador que se encuentra en un sistema de referencia acelerado con respecto al “vacío emisor”. En este caso, la temperatura efectiva del cuerpo negro es proporcional a la aceleración del observador, y la analogía entre las radiaciones de Hawking y de Unruh se establece a través del Principio de equivalencia de la relatividad general. Tanto la observación como la interpretación física de uno u otro fenómeno son aún cuestiones abiertas sujetas a debate. Con el fin de arrojar luz sobre el problema, se ha propuesto recientemente el estudio de los efectos de la aceleración sobre el sistema (abierto) cuántico más simple y realista posible: dos dipolos atómicos en interacción. En este Trabajo Fin de Grado se pretende, en primer lugar, hacer una revisión crítica de los fenómenos de la Radiación de Hawking y del Efecto Unruh, así como de las diversas propuestas publicadas para el estudio y observación de dicha radiación. En segundo lugar, se pretende estudiar el efecto de la aceleración en la interacción de van der Waals entre dos átomos de Rydberg. Con ello se intenta testar la supuesta relación de equivalencia entre los efectos de la aceleración/gravitación y los efectos térmicos sobre la radiación electromagnética mediadora de la interacción atómica. Para la realización de este trabajo se precisan conocimientos mínimos de relatividad general y de segunda cuantización en mecánica cuántica, o de teoría cuántica de campos.

**Tutores:** Luis Miguel Nieto Calzada y Manuel Donaire del Yerro

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** sí

#### **45. Cuantización de kinks en 1+1 dimensiones: corrección cuántica a la masa del kink al orden de un lazo**

**Descripción:** Se trata de que el estudiante se familiarice en el tratamiento de kinks en 1+1 dimensiones, y por sencillez se abordará solamente la teoría escalar  $\phi^4$ . En concreto, ha de hallar las soluciones estáticas de la teoría clásica con energía finita (las componentes topológicas), las ecuaciones BPS (Bogomol'nyi–Prasad–Sommerfield) y el funcional de la energía, analizar las oscilaciones cuánticas en torno al kink, y hallar la corrección cuántica a la masa y a la energía del vacío. Son suficientes conocimientos a nivel de grado de mecánica cuántica. El trabajo es puramente teórico.

**Tutores:** Luis Miguel Nieto Calzada y José María Muñoz Castañeda (UPM)

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** sí

#### **46. Estados no clásicos de la luz: fundamentos matemáticos y aplicaciones físicas**

**Descripción:** Se pretende familiarizar al estudiante con los diversos tipos de estados no clásicos de la luz, que fueron introducidos por R. Glauber, el premio Nobel de Física en 2005. Deberá entenderse adecuadamente el fundamento matemático que hay detrás de este tipo de estados y exponer algunos de los ejemplos bien conocidos de estados coherentes y estados comprimidos (squeezed). La ayuda de programas de cálculo simbólico permitirá obtener interesantes representaciones gráficas y animaciones. Este trabajo es puramente teórico.

**Tutor:** Luis Miguel Nieto Calzada

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** sí

#### **47. Oscilaciones de placas: soluciones de la ecuación biarmónica**

**Descripción:** Se propone la resolución detallada de la ecuación que rige las oscilaciones de una placa metálica, que no es la ecuación de Laplace, sino la ecuación biarmónica. Los resultados son más complejos que en el conocido caso de las oscilaciones de una membrana, y deberán abordarse de forma analítica, pero también numérica y usando métodos variacionales. La ayuda de programas de cálculo simbólico permitirá obtener interesantes representaciones gráficas de las figuras de Chladni así como animaciones. Este trabajo es puramente teórico.

**Tutor:** Luis Miguel Nieto Calzada

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** sí

#### **48. Funciones de Green y aplicaciones en Física**

**Descripción:** El estudio de las funciones de Green asociadas a un problema de ecuaciones diferenciales es un tema que normalmente no se aborda en los cursos de matemáticas elementales del grado en Física, y que posee múltiples e interesantísimas aplicaciones. En este TFG se propone una aproximación a este asunto en el que, partiendo de sencillos ejemplos, el alumno pueda plantear el tema con mayor generalidad y exponer las aplicaciones de esta técnica a diversos problemas de Física teórica y aplicada. Este trabajo es puramente teórico.

**Tutor:** Luis Miguel Nieto Calzada

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** sí



#### **49. Una introducción a la teoría de ondas no lineales: solitones**

**Descripción:** Este TFG tiene un planteamiento puramente teórico y en él se espera que el alumno (a) se familiarice con algunas de las técnicas matemáticas utilizadas en física no lineal para estudiar las ecuaciones que rigen este tipo de procesos, y (b) aplique esas técnicas a la comprensión de algunos sistemas físicos no lineales que aparecen en diversos campos de la Física y que son regidos por ecuaciones como las de Schrödinger no lineal, de sine-Gordon o Korteweg-de Vries. Se requiere buena base de ecuaciones diferenciales ordinarias y en parciales. Este trabajo es puramente teórico que puede requerir métodos numéricos.

**Tutor:** Luis Miguel Nieto Calzada

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** sí

## **50. ¿Qué es una onda gravitatoria?**

**Descripción:** La pregunta ¿Qué es una onda gravitatoria? se ha hecho ahora muy frecuente, tras el reciente premio Nobel que corona la búsqueda directa de las ondas gravitatorias, predichas por Einstein en 1917 pero cuya detección directa nos ha eludido un siglo. El objetivo del trabajo es reunir de manera coherente los ingredientes necesarios para responder a esta pregunta, en el contexto del nivel académico de final de grado. Se trata de realizar una rápida excursión cultural a lo largo del proceso histórico que llevó a esta predicción, comenzando en su prehistoria (ligada en cierto modo con el electromagnetismo), pasando por su historia durante todo el S. XX, y acabando en una exposición de las características físicas de las ondas gravitatorias. Este TFG se ofrece en paralelo con otro complementario, que se centra más en las matemáticas que en la historia. La naturaleza del tema supone que, poder desarrollar este trabajo, los alumnos que lo escojan utilizarán conocimientos impartidos en la asignatura 'Gravitación y Cosmología', además de Relatividad Especial y Electromagnetismo al nivel de lo impartido en las asignaturas de tercero de grado.

**Tutor:** Mariano Santander Navarro

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** sí

## **51. Matemáticas y números en las ondas gravitatorias**

**Descripción:** La pregunta ¿Qué es una onda gravitatoria? se ha hecho ahora muy frecuente, tras el reciente premio Nobel que corona la búsqueda directa de las ondas gravitatorias, predichas por Einstein en 1917 pero cuya detección directa nos ha eludido un siglo. El objetivo del trabajo es describir las matemáticas necesarias para la inteligencia de las ondas gravitatorias, en el contexto de la teoría de Einstein, y hacer especial énfasis en los (impresionantes) números de la teoría, esto es, en los valores numéricos de las cantidades adimensionales que subyacen a la descripción, analizando estos valores en las diferentes situaciones astrofísicas de generación de ondas gravitatorias. Se trata de enlazar las matemáticas con la exposición de las características físicas de las ondas gravitatorias. Este TFG se ofrece en paralelo con otro complementario, que se centra más en la historia que en las matemáticas del asunto. La naturaleza del tema supone que, poder desarrollar este trabajo, los alumnos que lo escojan utilizarán conocimientos impartidos en la asignatura 'Gravitación y Cosmología', además de Relatividad Especial y Electromagnetismo al nivel de lo impartido en las asignaturas de tercero de grado.

**Tutor:** Mariano Santander Navarro

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** sí

## **52. Medida de la radiación solar directa, difusa, global e infrarroja: calibración, simulación y evolución durante episodios de alta turbiedad**

**Descripción:** Puesta a punto de la instrumentación radiométrica (dos piranómetros, un pirheliómetro y un pirgeómetro) en un seguidor solar para registrar valores de radiación directa, difusa, global de onda corta, e infrarroja. Realización de calibraciones de instrumentos de banda ancha en el laboratorio del Grupo de Óptica Atmosférica. Implementación de modelos de transferencia radiativa que consigan reproducir las observaciones experimentales utilizando toda la información relativa al aerosol atmosférico y a la nubosidad obtenida de la estación de la red AERONET (AERosol ROBotic NETwork) en Valladolid. Identificación y caracterización de eventos de alta turbiedad en la región de Valladolid presentando sus principales propiedades radiativas. Se recomienda tener habilidades de programación y estar familiarizado con terminología de la óptica atmosférica.

**Tutor:** David Mateos Villán

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** no

### **53. Evaluación del efecto radiativo de aerosol atmosférico y nubes en la ciudad de Valladolid**

**Descripción:** Puesta a punto de instrumentación radiométrica, en la estación que posee el Grupo de Óptica Atmosférica, en distintos intervalos del espectro solar: ultravioleta, visible y global. Familiarización con productos derivados de medidas de fotometría solar respecto de propiedades ópticas y microfísicas que puedan ser usados como información de entrada en modelos de transferencia radiativa. Así mismo, tratamiento de datos satelitales de variables atmosféricas como la columna de ozono. Realización de simulaciones bajo distintas condiciones que permitan determinar valores de radiación considerados de referencia, para conseguir evaluar el efecto radiativo y, por tanto, cuantificar el impacto de aerosoles y nubes en el balance energético. Se recomienda tener habilidades de programación y estar familiarizado con terminología de la óptica atmosférica.

**Tutor:** Carlos Toledano Olmeda

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** no

#### **54. Diseño y construcción de un sistema óptico para la medida de irradiancia lunar**

**Descripción:** El trabajo consistirá en diseñar y construir el sistema óptico de entrada para recoger la irradiancia lunar directa y poder medirla con un espectrorradiómetro Field Spec pro del Grupo de Óptica Atmosférica (GOA). Este instrumento, que recibe la luz mediante una fibra óptica, realiza medidas espectrales en el rango 350-2500nm. Se podrá añadir también el sistema de atenuación que sea necesario para poder realizar también medidas de irradiancia solar directa. Una vez construido, se realizará una campaña de medidas en la que se compararán las medidas de este instrumento con otras disponibles en estaciones del GOA.

**Tutor:** Ángel de Frutos Baraja

**Adecuación del trabajo para alumnos en movilidad:** no