

MÁSTER EN FÍSICA

CURSO 2025/26

8 TEMAS DE TRABAJO FIN DE MÁSTER PROPUESTOS

EN LA MENCIÓN DE FÍSICA MATEMÁTICA

Nº de TFM	Prácticas en empresa	Tema acordado con estudiante	Título	Tutor/es	Resumen
1	No	No	Desigualdades de Bell multipartitas con pos-selección	Mateus Araújo Santos	[ENLACE]
2	No	No	Algoritmos de larga escala para distribución cuántica de claves	Mateus Araújo Santos	[ENLACE]
3	No	No	Dinámica fuera del equilibrio y distribución de errores en computación cuántica adiabática	Luis Miguel Nieto Calzada (UVa), Fernando J. Gómez-Ruiz (UC3M)	[ENLACE]
4	No	No	Nuevas soluciones topológicas en el límite supersimétrico	Luis Miguel Nieto Calzada (UVa), José M. F. Queiruga (USal)	[ENLACE]
5	No	No	Modelos basados en Redes Neuronales para cálculos cuantitativos multi elemento en espectros LIBS de SuperCam	José Antonio Manrique Martínez, Sofía Julve González	[ENLACE]
6	No	No	Data clustering applied to LIBS data from Mars. Automatic identification of homogeneity of the sample and coatings	José Antonio Manrique Martínez, Sofía Julve González	[ENLACE]
7	No	Si	Sistemas hamiltonianos en grupos de Poisson-Lie: integrabilidad y topología	Iván Gutiérrez Sagredo, Alfonso Blasco Sanz	[ENLACE]
	No	Posible	Formación de agujeros negros regulares a partir del colapso gravitatorio	Diego Sáez Gómez	[ENLACE]

MÁSTER EN FÍSICA

PROPUESTA DE TEMA DE TRABAJO FIN DE MÁSTER

TFM N° 1

MENCIÓN:	Física Matemática
TÍTULO:	Desigualdades de Bell multipartitas con pos-selección
Tutor/es: (Departamento y grupo de investigación)	Mateus Araújo Santos Departamento de Física Teórica, Atómica y Óptica GIR Física Matemática Email de contacto: mateus.araujo@uva.es
Observaciones:	Tema no acordado con estudiantes. Tema no asociado con prácticas en empresa.

Resumen y objetivos del TFM:

Las desigualdades de Bell fueron descubiertas en los años 60 como herramienta filosófica, para demostrar que la mecánica cuántica no puede ser descrita por variables ocultas locales. Más recientemente, se ha descubierto que permiten muchas aplicaciones tecnológicas en el paradigma independiente de dispositivo, como la distribución cuántica de claves, la amplificación de números aleatorios, y la auto-certificación. Sin embargo, la implementación práctica de esas tecnologías aún es muy limitada por causa de la gran dificultad de hacer un experimento de Bell. El problema principal es la necesidad de detectar la gran mayoría de los fotones que son emitidos. Históricamente, eso se evitó utilizando el truco de la pos-selección: considerar que los fotones detectados como si fueran todos los emitidos. Eso es suficiente para obtener conclusiones sobre la naturaleza, pero no para aplicaciones tecnológicas donde hay un adversario, porque eso abre un “loophole” en los experimentos, que se puede explotar.

No obstante, es posible hacer otro tipo de pos-selección que no tiene esa debilidad: en lugar de descartar los fotones que no fueron detectados, se descarta los que fueron detectados en una salida concreta de una medición específica. Si diseñamos el experimento para que esas sean justamente las salidas más ruidosas, el efecto es mejorar la calidad de los datos obtenidos, y así aumentar el poder estadístico de la desigualdad de Bell. Las desigualdades de Bell con ese tipo de pos-selección fueron estudiadas en el caso bipartito, donde fueron demostradas grandes ventajas.

En ese TFM vamos estudiar ellas en el caso multipartito. Específicamente, los objetivos son

- Desarrollar algoritmos para computar la cota local y la cota de Tsirelson para las desigualdades de Bell pos-selección.
- Hacer una búsqueda por desigualdades de Bell con pos-selección en escenarios relevantes para aplicaciones tecnológicas y computar su poder estadístico.

MÁSTER EN FÍSICA

PROPUESTA DE TEMA DE TRABAJO FIN DE MÁSTER

TFM N° 2

MENCIÓN:	Física Matemática
TÍTULO:	Algoritmos de larga escala para distribución cuántica de claves
Tutor/es: (Departamento y grupo de investigación)	Mateus Araújo Santos Departamento de Física Teórica, Atómica y Óptica GIR Física Matemática Email de contacto: mateus.araujo@uva.es
Observaciones:	Tema no acordado con estudiantes. Tema no asociado con prácticas en empresa.

Resumen y objetivos del TFM:

La distribución cuántica de claves permite a dos personas generar una clave criptográfica segura a larga distancia. La clave así obtenida es utilizada en algoritmos de cifrado como libreta de un solo uso. La seguridad está basada en propiedades fundamentales de la mecánica cuántica, que permiten detectar la presencia de un espía por el ruido que él introduce. Cuando se hace distribución cuántica de claves experimentalmente, hay que hacer un análisis del peor caso y asumir que todo ruido que se encuentra es generado por un espía, o que baja la velocidad de generación de claves.

La principal dificultad en desarrollar un protocolo de distribución cuántica de claves es hacer ese análisis del peor caso, que en general solamente suele ser posible de manera numérica. Avances recientes en teoría de optimización permitieron el desarrollo de nuevos algoritmos para ese problema, que lo solucionan de manera rápida y precisa. Sin embargo, esos algoritmos necesitan de una gran cantidad de memoria RAM, o que restringe su aplicabilidad a protocolos que utilizan sistemas cuánticos de dimensión relativamente baja.

En ese trabajo se implementará un nuevo algoritmo basado en el alternating directions method of multipliers (ADMM), que es apropiado para solucionar problemas de larga escala. El método necesita de muy poca RAM, pero suele obtener resultados con precisión más baja que los algoritmos existentes. Se comparará el desempeño con los algoritmos existentes, y se hará el análisis de protocolos de distribución cuántica de claves en regímenes que hoy son imposibles.

MÁSTER EN FÍSICA

PROPUESTA DE TEMA DE TRABAJO FIN DE MÁSTER

TFM N° 3

MENCIÓN:	Física Matemática
TÍTULO:	Dinámica fuera del equilibrio y distribución de errores en computación cuántica adiabática
Tutor/es: (Departamento y grupo de investigación)	Luis Miguel Nieto Calzada (UVa) y Fernando J. Gómez-Ruiz (UC3M) Dpto. Física Teórica, Atómica y Óptica (UVa) y Dpto. Física (UC3M) MathPhys-Uva y QUEST-UC3M Email de contacto: luismiguel.nieto.calzada@uva.es , fegomezr@fis.uc3m.es
Observaciones:	Tema no acordado con estudiantes. Tema no asociado con prácticas en empresa.

Resumen y objetivos del TFM:

La computación cuántica adiabática constituye un enfoque prometedor para abordar problemas de optimización mediante la evolución cuántica generada por un Hamiltoniano dependiente del tiempo. Los *annealers* cuánticos más avanzados representan un ejemplo destacado de dispositivos cuánticos intermedios ruidosos (NISQ), cuya dinámica no puede considerarse completamente unitaria debido a las distintas fuentes de ruido que inducen decoherencia. Este fenómeno es ampliamente reconocido como el mecanismo responsable de la transición entre el régimen cuántico y el clásico, y constituye una limitación fundamental para el desarrollo de una ventaja cuántica frente a los métodos computacionales clásicos.

Por otro lado, el mecanismo de Kibble-Zurek se ha consolidado como un paradigma teórico de gran éxito en la descripción de la dinámica asociada a transiciones de fase, tanto térmicas como cuánticas. Se trata de una de las pocas herramientas capaces de relacionar propiedades de equilibrio con el comportamiento fuera del equilibrio. Dicho mecanismo predice que, al atravesar una transición de fase continua, se generan defectos topológicos cuya densidad sigue una ley de escalado universal en función del tiempo de enfriamiento.

En los últimos años, ha emergido un marco conceptual denominado “física más allá del mecanismo de Kibble-Zurek”. Su predicción central establece que el número de defectos topológicos generados en una transición se distribuye según una ley binomial universal. Como consecuencia, todos los cumulantes exhiben un escalado universal con ley de potencias, compartiendo el mismo exponente que predice el mecanismo de Kibble-Zurek para el valor medio. Este resultado abre la posibilidad de establecer una conexión directa entre la distribución de defectos topológicos y la distribución de errores en *annealers* cuánticos.

Este TFM tiene como objetivo analizar el impacto en la distribución de errores cuando el parámetro de control varía de acuerdo con una ley de potencias. Para ello, se desarrollarán simulaciones numéricas que incluyan, además, el efecto de la temperatura en estos dispositivos cuánticos.

Objetivos específicos:

1. Desarrollar códigos computacionales para la resolución de ecuaciones diferenciales acopladas.
2. Modelar la dinámica fuera del equilibrio de un sistema de espines mediante simulaciones numéricas.
3. Estudiar la distribución y el espaciado de errores en el sistema.
4. Proponer un modelo teórico, fundamentado en la física estadística, que permita explicar los resultados obtenidos a partir de las simulaciones numéricas.

MÁSTER EN FÍSICA

PROPUESTA DE TEMA DE TRABAJO FIN DE MÁSTER

TFM N° 4

MENCIÓN:	Física Matemática
TÍTULO:	Nuevas soluciones topológicas en el límite supersimétrico
Tutor/es: (Departamento y grupo de investigación)	Luis M. Nieto Calzada (UVa) y José M. F. Queiruga (USal) Física Teórica (UVa) y Matemática Aplicada (U. Salamanca) Grupo de Física Matemática Email de contacto: luismiguel.nieto.calzada@uva.es , xose.queiruga@usal.es
Observaciones:	Tema no acordado con estudiantes. Tema no asociado con prácticas en empresa.

Resumen y objetivos del TFM:

Los solitones topológicos son soluciones clásicas de teorías no lineales cuya existencia está relacionada con la estructura topológica del vacío. Surgen de forma natural en teorías con ruptura espontánea de simetría, dando lugar a kinks y vórtices en materia condensada o cuerdas cósmicas en cosmología. Por otra parte, la supersimetría es una hipótesis teoría que relaciona fermiones y bosones en física de partículas. La conjunción de ambos conceptos da lugar a los solitones supersimétricos. Éstos son soluciones topológicas en teorías que poseen supersimetría. Desde un punto de vista teórico estas soluciones gozan de propiedades matemáticas interesantes que permiten obtener gran cantidad de información de forma analítica. La existencia de este tipo de este tipo de soluciones es bien conocida en teorías con dinámica “estándar”. Sin embargo, la construcción de solitones supersimétricos en teorías con dinámica no canónica permanece relativamente inexplorado.

Los objetivos de este TFM son los siguientes:

1. Profundizar en el conocimiento de los solitones topológicos en múltiples dimensiones.
2. Dominar el formalismo de supercampos para construir modelos supersimétricos.
3. Construir y analizar nuevos solitones supersimétricos en teorías bidimensionales de campos no estándar.

MÁSTER EN FÍSICA

PROPUESTA DE TEMA DE TRABAJO FIN DE MÁSTER

TFM N° 5

MENCIÓN:	Física Matemática
TÍTULO:	Modelos basados en Redes Neuronales para cálculos cuantitativos multi elemento en espectros LIBS de SuperCam
Tutor/es: (Departamento y grupo de investigación)	José Antonio Manrique Martínez y Sofía Julve González Departamento de Física Aplicada Grupo ERICA Email de contacto: joseantonio.manrique@uva.es
Observaciones:	Tema no acordado con estudiantes. Tema no asociado con prácticas en empresa.
Resumen y objetivos del TFM: Contamos con una librería de espectros LIBS de SuperCam (Misión Mars 2020) de muestras de composiciones conocidas. Todas estas muestras han sido analizadas por el instrumento réplica en Tierra. Hasta ahora SuperCam ha empleado modelos individuales que calculaban la abundancia de cada uno de los diferentes elementos a partir de espectros LIBS. En muchos de los casos la suma individual de los elementos mayoritarios se acerca bastante al 100%, aunque hay casos en que esta suma arroja valores por encima o por debajo de este cálculo. En este trabajo evaluaremos modelos basados en Redes Neuronales Artificiales que lleven a una evaluación global de las abundancias de los diferentes elementos, teniendo en cuenta posibles correlaciones entre ellos. Se busca, por tanto, un modelo global que ofrezca una solución de cuantificación a partir de espectros LIBS para los elementos mayoritarios y que tenga en cuenta el total que esos elementos suman en el contexto de la muestra.	

MÁSTER EN FÍSICA

PROPUESTA DE TEMA DE TRABAJO FIN DE MÁSTER

TFM N° 6

MENCIÓN:	Física Matemática
TÍTULO:	Data clustering applied to LIBS data from Mars. Automatic identification of homogeneity of the sample and coatings
Tutor/es: (Departamento y grupo de investigación)	José Antonio Manrique Martínez y Sofia Julve González Departamento de Física Aplicada Grupo ERICA Email de contacto: joseantonio.manrique@uva.es
Observaciones:	Tema no acordado con estudiantes. Tema no asociado con prácticas en empresa.
Resumen y objetivos del TFM: This project aims to evaluate successive LIBS (Laser Induced Breakdown Spectroscopy) spectra on the same sample in two spaces: the space of the chemical compositions, already calculated for each spectrum, and the space of the spectral responses of each acquisition. In each LIBS measurement, a small part of the sample is vaporized, so two successive analyses do not interrogate the same sample. Assuming these differences, the goal is to use clustering algorithms that allow for the automatic evaluation of those samples where these compositions are closer together (monocrystals), or those where there is a clear trend (presence of deposition layers or gradient composition). The aim is to run a blind test on Mars data using distance-based clustering algorithms, as well as different metrics, looking for coatings or monocrystals, both cases of great interest for the Surface Science and Operations Team of SuperCam (Mars 2020).	

MÁSTER EN FÍSICA

PROPUESTA DE TEMA DE TRABAJO FIN DE MÁSTER

TFM N° 7

MENCIÓN:	Física Matemática
TÍTULO:	Sistemas hamiltonianos en grupos de Poisson-Lie: integrabilidad y topología
Tutor/es: (Departamento y grupo de investigación)	Iván Gutiérrez Sagredo y Alfonso Blasco Sanz Departamentos de Física y de Matemáticas de la Universidad de Burgos Grupo de Física Matemática (Universidad de Burgos) Email de contacto: igsagredo@ubu.es
Observaciones:	Tema acordado con un estudiante. Tema no asociado con prácticas en empresa.

Resumen y objetivos del TFM:

En este TFM se estudiarán los sistemas hamiltonianos definidos sobre variedades de Poisson generales (no necesariamente simplécticas), así como la descripción geométrica de su dinámica y su integrabilidad. Más en concreto, se estudiarán deformaciones de sistemas hamiltonianos definidos sobre álgebras de Lie-Poisson (grupos abelianos de Poisson-Lie). En particular, en este TFM, después de estudiar todas las herramientas algebraicas, geométricas y analíticas necesarias, se pretende hacer un estudio sobre la relación entre una deformación inducida sobre un sistema dinámico por la estructura de Poisson-Lie subyacente y los cambios en la topología del espacio de fases del sistema. Se ilustrará toda la teoría con el análisis de ejemplos concretos de sistemas sencillos.

Objetivos:

- Comprender los conceptos básicos de la teoría de sistemas dinámicos, y en concreto sistemas hamiltonianos sobre variedades de Poisson genéricas.
- Comprender los conceptos básicos de la teoría de grupos de Poisson-Lie y sus aplicaciones a la deformación de sistemas dinámicos.
- Estudiar la relación entre estas deformaciones y los cambios en la topología del espacio de fases correspondiente.
- Cálculo explícito de algunos sistemas sencillos.

MÁSTER EN FÍSICA

PROPUESTA DE TEMA DE TRABAJO FIN DE MÁSTER

TFM N° 8

MENCIÓN:	Física Matemática
TÍTULO:	Formación de agujeros negros regulares a partir del colapso gravitatorio
Tutor/es: (Departamento y grupo de investigación)	Diego Sáez Gómez Departamento de Física Teórica, Atómica y Óptica GIR Física Matemática Email de contacto: diego.saez@uva.es
Observaciones:	Tema hablado con un estudiante, pero no acordado. Tema no asociado con prácticas en empresa.
Resumen y objetivos del TFM: En el contexto de Relatividad General la formación de agujeros negros a partir del colapso gravitatorio crítico de una distribución de masa, generalmente una estrella, da lugar a la formación de un horizonte de eventos pero también a la formación de una singularidad, es decir, un punto del espaciotiempo donde las geodésicas terminan y no se pueden extender, y donde diversas magnitudes físicas divergen. A lo largo de los últimos años se han propuesto diversas soluciones de agujeros negros regulares, sin singularidad, pero cuya formación a partir de un colapso gravitatorio no está bien entendida. El objetivo de este TFM radica en analizar la formación de dichos agujeros negros regulares en teorías más allá de la Relatividad General y/o en presencia de otros campos físicos que permitan establecer un proceso físico de formación de tales objetos.	