

MÁSTER EN FÍSICA

CURSO 2023/24

8 TEMAS DE TRABAJO FIN DE MÁSTER PROPUESTOS

EN LA MENCIÓN DE

FÍSICA MATEMÁTICA

Nº de TFM	Título	Tutor	Resumen y objetivos
1	Medición del Point Spread Function en fotometría de banda ancha	Fernando Buitrago Alonso	[ENLACE]
2	Simulaciones de trayectorias nulas alrededor de objetos compactos con simetría axial	Diego Sáez-Chillón Gómez	[ENLACE]
3	Hamiltonianos escalares y matriciales “shape-invariant”	Javier Negro Vadillo	[ENLACE]
4	Un modelo asintótico para ondas internas en aguas profundas	Ángel Durán Martín	[ENLACE]
5	Bases y marcos generalizados en Física Matemática	Fernando Gómez Cubillo	[ENLACE]
6	Desigualdades de Bell con pos-selección	Mateus Araújo Luis Miguel Nieto Calzada	[ENLACE]
7	Caracterización del espectro de entrelazamiento en sistemas fotónicos	Fernando Javier Gómez Ruiz Luis Miguel Nieto Calzada	[ENLACE]
8	Implementación y test de un sistema de control para la detección de gases mediante espectroscopia Raman	José Francisco Sanz Requena Iván Reyes Rodríguez	[ENLACE]

MÁSTER EN FÍSICA

PROPUESTA DE TEMA DE TRABAJO FIN DE MÁSTER

TFM N° 1

MENCIÓN:	Física Matemática
TÍTULO:	Medición del Point Spread Function en fotometría de banda ancha
Tutor (*): (Departamento y grupo de investigación)	Fernando Buitrago Alonso Departamento de Física Teórica, Atómica y Óptica GIR de Física Matemática
Resumen y objetivos del TFM: El estudiante se encargará de determinar el point spread function de imágenes multibanda del cúmulo Abell2029 hasta distancias de varios arco minutos con el software gnuastro en un sistema operativo de tipo Linux. Con esto se estudiarán los problemas ópticos de la Wide Field Camera con los que se tomaron estos datos.	

MÁSTER EN FÍSICA

PROPUESTA DE TEMA DE TRABAJO FIN DE MÁSTER

TFM N° 2

MENCIÓN:	Física Matemática
TÍTULO:	Simulaciones de trayectorias nulas alrededor de objetos compactos con simetría axial
Tutor (*): (Departamento y grupo de investigación)	Diego Sáez-Chillón Gómez Departamento de Física Teórica, Atómica y Óptica GIR de Física Matemática
<p>Resumen y objetivos del TFM:</p> <p>Este trabajo está enfocado en el desarrollo de simulaciones de trayectorias nulas en geometrías del espacio-tiempo con simetría axial y la apariencia asintótica de dichos objetos para diferentes perfiles de intensidad.</p> <p>Los objetivos son los siguientes:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Estudio y análisis de soluciones con simetría axial. 2. Análisis de geodésicas nulas en dichas métricas. 3. Simulación de las trayectorias descritas por la luz en este tipo de métricas usando la técnica del “ray-tracing”. 4. Simulación de la apariencia de objetos con esa simetría considerando diferentes perfiles de intensidad e inclinación con respecto al observador. <p>Por la temática del trabajo se requieren amplios conocimientos de Relatividad General y el manejo avanzado de softwares tales como Mathematica, Matlab ó Python.</p>	

MÁSTER EN FÍSICA

PROPUESTA DE TEMA DE TRABAJO FIN DE MÁSTER

TFM N° 3

MENCIÓN:	Física Matemática
TÍTULO:	Hamiltonianos escalares y matriciales “shape-invariant”
Tutor (*): (Departamento y grupo de investigación)	Javier Negro Vadillo Departamento de Física Teórica, Atómica y Óptica GIR de Física Matemática
Resumen y objetivos del TFM: Son bien conocidos los Hamiltonianos escalares unidimensionales que son invariantes de forma y que por lo tanto se pueden resolver en mecánica cuántica. Todos ellos están asociados a una cierta álgebra de operadores. El objeto del trabajo es caracterizar los correspondientes Hamiltonianos matriciales para esos casos escalares. Algunos ejemplos ya están resueltos, pero quedan varios casos para completar el programa.	

MÁSTER EN FÍSICA

PROPUESTA DE TEMA DE TRABAJO FIN DE MÁSTER

TFM N° 4

MENCIÓN:	Física Matemática
TÍTULO:	Un modelo asintótico para ondas internas en aguas profundas
Tutor (*): (Departamento y grupo de investigación)	<p>Ángel Durán Martín</p> <p>Departamento de Matemática Aplicada</p> <p>GIR: Modelización, Teoría y Análisis Numérico en Problemas de Optimización y Ecuaciones de Evolución (MTANPOEE)</p>
<p>Resumen y objetivos del TFM:</p> <p>En este trabajo se propone la deducción y análisis de un modelo matemático, basado en ecuaciones en derivadas parciales, para describir la propagación de ondas en el interfaz de un sistema de dos capas de fluido de diferente densidad y donde la capa inferior es de gran profundidad. Varios son los objetivos del trabajo:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Deducción de las ecuaciones del modelo y comparación con otros modelos presentes en la literatura. 2) Análisis de las propiedades matemáticas: carácter de bien puesto del problema de valor inicial, existencia de cantidades conservadas y existencia de soluciones de tipo onda solitaria. 3) Diseño y análisis de métodos numéricos eficientes para la aproximación de las ecuaciones del modelo. 4) Estudio computacional de la dinámica del modelo, a partir del comportamiento de las ondas solitarias frente a pequeñas perturbaciones y en fenómenos de interacción, bien entre ellas o con otras soluciones del problema. <p>La temática del trabajo requiere amplios conocimientos de mecánica de fluidos, de la teoría y análisis numérico de ecuaciones en derivadas parciales, de teoría de operadores, así como destreza en la programación de métodos numéricos.</p>	

MÁSTER EN FÍSICA

PROPUESTA DE TEMA DE TRABAJO FIN DE MÁSTER

TFM N° 5

MENCIÓN:	Física Matemática
TÍTULO:	Bases y marcos generalizados en Física Matemática
Tutor (*): (Departamento y grupo de investigación)	Fernando Gómez Cubillo Dpto de Álgebra, Análisis Matemático, Geometría y Topología GIR en Análisis Funcional Aplicado

Resumen y objetivos del TFM:

Las bases ortonormales en espacios de Hilbert se consideran en la actualidad casos particulares de familias más generales tales como bases de Riesz, marcos (frames), semi-marcos, pares reproductores, etc, las cuales tienen en común la capacidad de descomponer y reconstruir vectores del espacio en términos de ciertos vectores "elementales" o "relevantes" para el sistema bajo estudio. Se ha mostrado ya que estas familias son herramientas de interés en muchos campos, entre ellos, teoría de la señal y física matemática (en particular, la noción de marco contiene la de estado coherente). El objetivo del trabajo es el estudio de estos tipos de familias en espacios más generales de funciones y distribuciones, en particular, en espacios de Hilbert equipados, un ámbito matemático más amplio y flexible para el análisis de ciertos sistemas físicos.

Algunas referencias:

- [1] Christensen, O. Frames and bases. Birkhäuser Boston, Inc., Boston, MA, 2008.
- [2] Ali, S. T., Antoine, J.-P., and Gazeau, J.-P. Coherent states, wavelets, and their generalizations, second ed. Springer, New York, 2014.
- [3] Trapani, C.; Triolo, S.; Tschinke, F. Distribution frames and bases. J. Fourier Anal. Appl. 2019, 25, 2109–2140.
- [4] Speckbacher, M., and Balazs, P. Frames, their relatives and reproducing kernel Hilbert spaces. J. Phys. A 53, 1 (2020), 015204, 20.

MÁSTER EN FÍSICA

PROPUESTA DE TEMA DE TRABAJO FIN DE MÁSTER

TFM N° 6

MENCIÓN:	Física Matemática
TÍTULO:	Desigualdades de Bell con pos-selección
Tutor (*): (Departamento y grupo de investigación)	Mateus Araújo y Luis Miguel Nieto Calzada Departamento de Física Teórica, Atómica y Óptica GIR Física Matemática

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.

En ese TFM vamos estudiar las desigualdades de Bell con ese tipo de pos-selección. Específicamente, los objetivos son

1. Desarrollar algoritmos para computar la cota local y la cota de Tsirelson para las desigualdades de Bell pos-selección.
2. Hacer una búsqueda por desigualdades de Bell con pos-selección en escenarios relevantes para aplicaciones tecnológicas y computar su poder estadístico.
3. Reinterpretar argumentos de no-localidad conocidos, como por ejemplo la paradoja de Hardy, como desigualdades de Bell con pos-selección.

MÁSTER EN FÍSICA

PROPUESTA DE TEMA DE TRABAJO FIN DE MÁSTER

TFM N° 7

MENCIÓN:	Física Matemática
TÍTULO:	Caracterización del espectro de entrelazamiento en sistemas fotónicos
Tutor (*): (Departamento y grupo de investigación)	Fernando Javier Gómez Ruiz y Luis Miguel Nieto Calzada Departamento de Física Teórica, Atómica y Óptica GIR Física Matemática

Resumen y objetivos del TFM:

La computación cuántica es una realidad que aún se encuentra en sus primeras etapas. En los últimos años, se han presentado diversas propuestas de sistemas cuánticos de muchos cuerpos que son capaces de fabricarse, controlarse, medirse y escalarse, destacándose entre ellas los sistemas fotónicos. Los sistemas mixtos de luz y materia constituyen la base fundamental de esta alternativa propuesta para la computación cuántica. Por otro lado, uno de los recursos necesarios para el procesamiento de la información cuántica es el enredamiento o entrelazamiento entre subsistemas. Por lo tanto, el estudio y la caracterización de las propiedades del entrelazamiento son uno de los temas principales de esta propuesta de tesis.

En esta tesis de Maestría se propone estudiar y caracterizar la generación de entrelazamiento en sistemas fotónicos como recurso para el procesamiento de información. Para ello, se utilizará como banco de pruebas un sistema de luz-materia denominado modelo de Dicke pulsado. La interacción entre la luz y la materia se modelará como un pulso con dependencia temporal. A través de la implementación de experimentos numéricos, se estudiará el efecto del pulso en la generación de entrelazamiento entre subsistemas. Se propone analizar el espectro del entrelazamiento y cómo a partir de este se pueden caracterizar la compleja dinámica de estos sistemas.

Objetivos del TFM:

1. Realizar un estudio sistemático de los sistemas de interacción radiación-materia como banco de pruebas para la computación cuántica.
2. Implementar simulaciones numéricas que describan la dinámica de estos sistemas, variando los regímenes de interacción entre la luz y la materia.
3. Analizar la generación de entrelazamiento entre subsistemas de luz y materia.
4. Proponer un modelo teórico que explique la naturaleza espectral del hamiltoniano del entrelazamiento.

MÁSTER EN FÍSICA

PROPUESTA DE TEMA DE TRABAJO FIN DE MÁSTER

TFM N° 8

MENCIÓN:	Física Matemática
TÍTULO:	Implementación y test de un sistema de control para la detección de gases mediante espectroscopia Raman
Tutor (*): (Departamento y grupo de investigación)	José Francisco Sanz Requena, Iván Reyes Rodríguez Física Aplicada – GIR ERICA
Resumen y objetivos del TFM: El alumno desarrollará un sistema de control de espectrómetro y láser Raman para el análisis de gases por espectroscopia, con implicaciones para el estudio in situ de atmósferas planetarias. El trabajo consistirá en realizar un software en LabVIEW integrando los diferentes componentes del instrumento comandados desde un mismo software. El trabajo se completará con una serie de ensayos representativos sobre gases para testear el comportamiento y capacidades de un sistema de estas características, en el marco de la exploración planetaria, y en concreto la aplicabilidad de un sistema de estas características para el estudio in situ de atmósferas Planetarias en el sistema solar.	