



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2024-25



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física Teórica
Título:	Términos de frontera en relatividad general
Title:	Boundary terms in general relativity
Tutor/es:	Fernando Ruiz Ruiz
E-mail tutor/es:	ferruiz@ucm.es
Número de plazas:	2
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

Entender la importancia y las aplicaciones de los términos de frontera en algunos problemas de relatividad general.

Metodología:

Se pretende que el alumno sea capaz de forma autónoma de estudiar, entender y reproducir conocimientos propios del tema, entre los que cabe mencionar la foliación de espacios-tiempo, la descomposición ADM, los desarrollos asintóticos o la formulación de principios variacionales.

Bibliografía:

G.W. Gibbons, S. Hawking: "Action integrals and partition functions in quantum gravity", Phys. Rev, D15 (1977) 2752 [doi : 10.1103 / PhysRevD.15.2752].
J.W. York: "Role of Conformal Three-Geometry in the Dynamics of Gravitation", Phys. Rev. Lett. 28 (1972) 1082 [doi : 10.1103 / PhysRevLett.28.1082].
M. Bojowald: "Canonical gravity and applications", Cambridge University Press (Cambridge 2011).
A. Ashtekar, V. Petkov: " Handbook of Spacetime", Springer (Heidelberg 2014).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2024-25



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física Teórica
Título:	Breve Introducción a las Funciones Elípticas
Title:	Elliptic Functions: a brief introduction
Tutor/es:	María Jesus Rodríguez Plaza
E-mail tutor/es:	mjrplaza@ucm.es
Número de plazas:	2
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

Determinados problemas físicos y geométricos tienen que ver con ecuaciones diferenciales no lineales con soluciones exactas en términos de funciones elípticas.

La naturaleza de los problemas es variada, aparecen en física estadística, en materia condensada, en la teoría de solitones y los ya famosos y conocidos problemas de mecánica clásica.

Este trabajo de fin de grado está destinado al alumno actual como una breve introducción a dichas funciones inspirada en modelos resolubles de la mecánica estadística. Es por ello que un estudiante aplicará lo aprendido al modelo de ocho vértices mientras que el otro lo hará al modelo de Ising plano.

Metodología:

Lectura de algunos capítulos de los libros mencionados en la bibliografía.

Se recomienda conocimientos básicos de funciones periódicas y de variable compleja

Bibliografía:

R.J. Baxter, Exactly Solved Models in Statistical Mechanics, Academic Press, 1982.

E.T. Whittaker and G.N. Watson, A course of Modern Analysis, Cambridge University Press, 1962.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2024-25



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física Teórica
Título:	Caminos emergentes en teorías de campos con simetría conforme
Title:	Emergent paths in conformal field theories
Tutor/es:	Francesco Aprile
E-mail tutor/es:	faprile@ucm.es
Número de plazas:	1
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

El estudio de teorías de campos con simetría conformes es fundamental en la física teórica, por ejemplo en la clasificación de fenómenos críticos en transición de fase. En este trabajo el/la estudiante empezará un camino gradual de conocimiento de estas teorías hasta llegar a la conexión con teorías de gravedad en espacio AdS y sus aplicaciones en la física teórica contemporánea. En particular, se estudiarán funciones de correlación en diferentes regímenes poniendo énfasis sobre sus aspectos geométricos y emergentes. Este camino se desarrollará en varias etapas, pasando por 1. teorías libres de campos conformes, 2. integral de camino de Feynman, 3. bits de cadenas, cuerdas y superficies en AdS como medida de correlación.

Metodología:

Se proporcionará acceso directo a la bibliografía relevante para el TFG. Se realizarán reuniones periódicas con el supervisor, que paso a paso explicará el mismo, y asignará los objetivos a alcanzar: básicos, intermedios, avanzados. La realización de estos requiere cálculo simbólico y tal vez numérico, y el uso del lenguaje de programación Mathematica. Todos los recursos serán proporcionados. Se recomienda haber cursado o estar cursando "Campos Cuánticos" y "Relatividad General y Gravitación"

Bibliografía:

- J. Penedones, "TASI lectures on AdS/CFT", e-Print 1608.04948 [hep-th]
- Gromov and Sever "The holographic Fishchain" e-Print 1903.10508
- Yang, Jiang, Komatsu, Wu "D-branes and Orbit Average" e-Print 1903.10508
- Carl M. Bender, S. Orszag, Advanced Mathematical Methods for Scientists and Engineers: Asymptotic Methods and Perturbation Theory, Springer, 1999



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2024-25



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física Teórica
Título:	Entrelazamiento en teorías de campos con simetría conforme
Title:	Entanglement in conformal field theories
Tutor/es:	Francesco Aprile
E-mail tutor/es:	faprile@ucm.es
Número de plazas:	1
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

El estudio de teorías de campo conformes es fundamental en la física teórica, por ejemplo en la clasificación de fenómenos críticos en transición de fase. En este trabajo el/la estudiante empezará un camino gradual de conocimiento de estas teorías hasta llegar a la conexión con teorías de gravedad en espacio AdS y sus aplicaciones en la física teórica contemporánea. En particular, el cálculo de la entropía de entrelazamiento en teorías conformes en diferentes regímenes, por ejemplos en teorías libres y holográficas. Este camino se desarrollará en varias etapas, pasando por 1. teorías libres de campos conformes, 2. integrales de camino de Feynman, 3. agujeros negros en AdS, 4. entrelazamiento y sus consecuencias para el espacio-tiempo.

Metodología:

Se proporcionará acceso directo a la bibliografía relevante para el TFG. Se realizarán reuniones periódicas con el supervisor, que paso a paso explicará el mismo, y asignará los objetivos a alcanzar: básicos, intermedios, avanzados. La realización de estos requiere cálculo simbólico y tal vez numérico, y el uso del lenguaje de programación Mathematica. Todos los recursos serán proporcionados. Se recomienda haber cursado o estar cursando "Campos Cuánticos" y "Relatividad General y Gravitación"

Bibliografía:

- J. Penedones, "TASI lectures on AdS/CFT", e-Print 1608.04948 [hep-th] ;
- Matthew Headrick "Lectures on entanglement entropy in field theory and holography" e-Print: 1907.08126 [hep-th].
- Casini, Huerta, Myers, "Towards a derivation of the holographic entanglement entropy", e-Print: 1102.0440 [hep-th]
- Freedman, Headrick "Bit threads and holographic entanglement" e-Print: 1604.00354 [hep-th]
- Carl M. Bender, S. Orszag, Advanced Mathematical Methods for Scientists and Engineers: Asymptotic Methods and Perturbation Theory, Springer, 1999



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2024-25



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física Teórica
Título:	Soluciones numéricas en teorías clásicas de campos: vórtices y solitones/monopolos
Title:	Numerical solutions in Classical Field Theories: vortices and solitons/monopolos
Tutor/es:	Francisco Navarro Lérda
E-mail tutor/es:	fnavarro@ucm.es
Número de plazas:	1
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

- Familiarización del alumno con los métodos numéricos empleados en la búsqueda de soluciones en teorías clásicas de campos.
- Estudio de la influencia de las condiciones de frontera en las propiedades de las soluciones.
- Análisis de las propiedades físicas a partir de los datos numéricos.

Metodología:

- Estudio de las referencias y la bibliografía básicas.
- Obtención variacional de las ecuaciones de campo en una teoría a partir de su densidad lagrangiana. Imposición de simetrías para su simplificación. Es recomendable tener conocimientos de Maple o Mathematica.
- Aprendizaje de COLSYS/FIDISOL para la resolución numérica de ecuaciones de campo. Es recomendable tener conocimientos de Fortran.
- Elaboración de una memoria científica de los resultados obtenidos.
- Se recomienda haber cursado o estar cursando "Electrodinámica Clásica".

Bibliografía:

- A. Jaffe and C. Taubes, Vortices and monopoles: structure of static gauge theories (1980).
- V. Rubakov, Classical theory of gauge fields (2002).
- U. Ascher, J. Christiansen, and R. D. Russell, Mathematics of Computation 33, 659 (1979).
- H.B. Nielsen and P. Olesen, Nucl. Phys. B61, 45 (1973).
- G. 't Hooft, Nucl. Phys. B79, 276 (1974).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2024-25



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física Teórica
Título:	Agujeros negros en rotación
Title:	Rotating black holes
Tutor/es:	Francisco Navarro Lérica
E-mail tutor/es:	fnavarro@ucm.es
Número de plazas:	1
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

- Familiarización del alumno con la noción de agujero negro.
- Aprender la noción de cargas fundamentales de un agujero negro: masa, momento angular y carga eléctrica (teorema de no pelo).
- Estudio de las soluciones de tipo agujero negro más relevantes: Schwarzschild (estático (masa)), Kerr (rotante (masa y momento angular)), Reissner–Nordström (cargada (masa y carga eléctrica)) y Kerr-Newman (rotante cargada (masa, momento angular y carga eléctrica)).
- Análisis de los efectos de la rotación en agujeros negros: deformación del horizonte de sucesos, aparición de ergo-regiones, arrastre de inerciales, ...
- (Opcional) Generalización de la idea de rotación a dimensiones mayores (agujero negro de Myers-Perry).

Metodología:

- Estudio de las referencias y la bibliografía básicas.
- Aprendizaje del uso de los paquetes DifferentialGeometry y Tensor de Maple para estudiar métricas en Relatividad General.
- Aprendizaje del cálculo de propiedades físicas de un agujero negro a partir de su métrica.
- Elaboración de una memoria científica de los resultados obtenidos.
- Se recomienda haber cursado o estar cursando "Relatividad General" y "Electrodinámica Clásica".

Bibliografía:

- C. W. Misner, K. S. Thorne, and J. A. Wheeler, "Gravitation", Freeman (1973).
- S. Carroll, "Spacetime Geometry: An introduction to General Relativity", Pearson International New Edition (2013).
- M. Heusler, "Black Hole Uniqueness Theorems", Cambridge University Press (1996).
- R. P. Kerr, Phys. Rev. Lett. 11, 237 (1963).
- E. Newman, E. Couch, K. Chinnapared, A. Exton, A. Prakash, and R. Torrence, J. Math. Phys. 6, 918 (1965).
- R. C. Myers and M. J. Perry, Annals Phys. 172, 304 (1986).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2024-25



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física Teórica
Título:	Gravedad en espaciotiempos no conmutativos
Title:	Gravity on noncommutative spacetimes
Tutor/es:	Carmelo Pérez Martín
E-mail tutor/es:	carmelop@fis.ucm.es
Número de plazas:	1
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

Que el estudiante se familiarice y entienda las principales ideas físicas y técnicas matemáticas que permiten la formulación de la teoría gravitatoria que generaliza la Relatividad General de Einstein al caso de espaciotiempos no conmutativos

Metodología:

Estudio, por parte del alumno, y tutorías en las que se expliquen y discutan los asuntos que el alumno no entienda y/o tenga dificultad en comprender.

Bibliografía:

"Noncommutative Spacetimes: Symmetries in noncommutative geometry and field theory".
Authors: P. Aschieri, M. Dimitrijevic, P. Kulish, F. Lizzi and J. Wess
Lecture Notes in Physics 774 (2009)1-199. Springer.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2024-25



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física Teórica
Título:	Efectos nucleares y universalidad en interacciones neutrino-nucleón
Title:	Nuclear effects and universality in neutrino-nucleon interactions
Tutor/es:	María Pía Zurita Silvestro
E-mail tutor/es:	marzurit@ucm.es
Número de plazas:	2
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

- Familiarizarse con las bases de datos de experimentos de altas energías.
- Escribir un código sencillo para calcular, a orden árbol, la sección eficaz de dispersión en colisiones inelásticas profundas (DIS) nucleón-neutrino.
- Comparar los distintos experimentos con los resultados del código, y contrastar los efectos nucleares con respecto a los que aparecen en dispersión en DIS nucleón-electrón.
- Analizar el impacto de datos de neutrinos en funciones de distribución partónica nucleares (nPDFs).

Metodología:

- Opción 1: el/la alumno/a creará un código para calcular DIS a orden árbol y comparará con datos, antiguos y modernos, de DIS nucleón-neutrino. Contrastará los resultados entre diferentes experimentos y con datos de DIS nucleón-electrón/muón.
 - Opción 2: el/la alumno/a creará un código para calcular DIS a orden árbol y estudiará cómo datos antiguos (no incluidos en nPDFs) impactan en la smsmass, usando un método de re-weighting.
- En ambos casos el alumnado se familiarizará con el problema a través de la lectura y estudio de artículos científicos relacionados con los objetivos propuestos. Para ello se facilitará el acceso a la bibliografía relevante. El trabajo incluirá el uso de software específico (LHAPDF y/o códigos stand alone) y el desarrollo de código para la comparación de resultados.

Bibliografía:

- Giele, Keller, "Implications of hadron collider observables on parton distribution function uncertainties", Phys.Rev.D 58 (1998) 094023.
- Paukkunen, Zurita, "PDF reweighting in the Hessian matrix approach", JHEP 12 (2014) 100.
- Armesto et al., "An analysis of the impact of LHC Run I proton-lead data on nuclear parton densities", Eur.Phys.J.C 76 (2016) 4, 218.
- Paukkunen, Salgado, "Compatibility of neutrino DIS data and global analyses of parton distribution functions", JHEP 07 (2010) 032.
- Muzakka et al., "Compatibility of neutrino DIS data and its impact on nuclear parton distribution functions", Phys.Rev.D 106 (2022) 7, 074004.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2024-25



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física Teórica
Título:	Funciones de fragmentación en un ordenador cuántico
Title:	Quantum computing fragmentation functions
Tutor/es:	Felipe J. Llanes Estrada, Juan J. Gálvez Viruet
E-mail tutor/es:	flanes@fis.ucm.es, juagalve@ucm.es
Número de plazas:	1
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

El alumno o alumna comprenderá los conceptos de función de distribución de partones y de función de fragmentación de un quark o gluón a un hadrón en un proceso de altas energías. Demostrará igualmente entender los rudimentos de programación necesarios para simular un sistema cuántico en un ordenador cuántico. Estudiará los contenidos mínimos convenientes para entender la formulación de la Cromodinámica en cuantización canónica y verá de desplegarla en una malla con objeto de poder extraer eventualmente la probabilidad de una cierta fragmentación. Demostrará pues de manera integrada sus competencias analíticas y numéricas en relación con las siguientes materias del grado en física: Mecánica Cuántica, Partículas Elementales, Física Nuclear, Campos Cuánticos, Física Computacional, Métodos Matemáticos I.

Metodología:

El alumno o alumna estudiará la bibliografía recomendada y mantendrá reuniones de seguimiento regulares. Realizará un laboratorio computacional de 6 horas que hemos desarrollado recientemente en un proyecto de innovación y aumentará su conocimiento de la computación cuántica en él, estudiando la fórmula de Trotter y el manejo de Hamiltonianos y ligaduras. Se le proporcionará un algoritmo para implementar sistemas cuantizados canónicamente en un ordenador cuántico, que revisará y utilizará para explorar la formulación de la Cromodinámica Cuántica. Estudiará el concepto y manera de calcular funciones de fragmentación y entenderá su extracción.

Bibliografía:

- 1) F. Halzen y A. Martin, "Quarks and leptons: introductory course in modern particle physics", Wiley 1991.
- 2) M. Nielsen & I. Chuang, "Quantum Computation and Quantum Information", Cambridge University Press 2010. Capítulos 4 y 5
- 3) G. Benito-Calviño, J. García-Olivares y F. J. Llanes-Estrada, "Information entropy and fragmentation functions", Nucl.Phys.A 1036 (2023) 122670
- 4) Juan J. Gálvez Viruet y Felipe J. Llanes Estrada, "Dynamical implementation of canonical second quantization on a quantum computer", notas de los profesores.
- 5) The Elements of Style, de William Strunk JR. y E.B. White, (guía para escribir de manera clara y concisa un trabajo universitario).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2024-25



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física Teórica
Título:	Computación cuántica de la ecuación de estado para la materia quark
Title:	Quantum computing the quark matter equation of state
Tutor/es:	Felipe J. Llanes Estrada, Juan J. Gálvez Viruet
E-mail tutor/es:	flanes@fis.ucm.es, juagalve@ucm.es
Número de plazas:	4
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

Los alumnos o alumnas comprenderán el concepto de ecuación de estado en un sistema termodinámico en equilibrio, al menos local, el de potencial químico, y entenderán cómo se aplica en el contexto de teorías cuánticas de campos para la descripción de estrellas de neutrones, habiendo estudiado la ecuación de Tolman-Oppenheimer-Volkoff.

Demostrarán igualmente entender los rudimentos de programación necesarios para simular un sistema cuántico en un ordenador cuántico. Estudiarán los contenidos mínimos convenientes para entender la formulación de la Cromodinámica en cuantización canónica y verán de desplegarla en una malla con objeto de poder extraer eventualmente la energía de un pequeño volumen de materia de neutrones/quarks en equilibrio. Demostrarán pues de manera integrada sus competencias analíticas y numéricas en relación con las siguientes materias del grado en física: Mecánica Cuántica, Partículas Elementales, Física Nuclear, Campos Cuánticos, Física Computacional, Termodinámica, Astrofísica, Relatividad General.

Metodología:

Los alumnos o alumnas estudiarán la bibliografía recomendada y mantendrán reuniones de seguimiento regulares. Realizarán un laboratorio computacional de 6 horas que hemos desarrollado recientemente en un proyecto de innovación y aumentarán su conocimiento de la computación cuántica adquirido en él, estudiando la fórmula de Trotter y el manejo de Hamiltonianos y ligaduras.

Se les proporcionará un algoritmo para implementar sistemas cuantizados canónicamente en un ordenador cuántico, que revisarán y utilizarán para explorar la formulación de la Cromodinámica Cuántica. Igualmente se les proporcionará un programa tradicional para resolver la ecuación TOV en relatividad general, que les servirá para poder extraer observables en estrellas de neutrones.

Se anima a la colaboración en equipo, pero cada memoria reflejará los aspectos del estudio propios, será individual y escrita en registro académico libre de faltas gramaticales o de ortografía y cada una se centrará en uno de los cuatro objetivos orientativos propuestos:

1. Estudio de la ecuación TOV y uso de programas tradicionales para la obtención de cantidades físicas relevantes en el contexto de las estrellas de neutrones.
2. Desarrollo de algoritmos cuánticos para la obtención de observables físicos relevantes en el estudio de las estrellas de neutrones.
3. Cuantización canónica de la Cromodinámica, en particular la preparación de los diversos términos de su Hamiltoniano para la simulación.
4. Desarrollo de rutinas para la simulación de Hamiltonianos en segunda cuantización con el formalismo de 7), lo que requerirá un uso extensivo de qiskit y cierto manejo con el lenguaje de programación Python.

Bibliografía:

- 1) F. Halzen y A. Martin, "Quarks and leptons: introductory course in modern particle physics", Wiley 1991.
- 2) M. Nielsen & I. Chuang, "Quantum Computation and Quantum Information", Cambridge University Press 2010. Capítulos 4 y 5
- 3) G. Benito-Calviño, J. García-Olivares y F. J. Llanes-Estrada, "Information entropy and fragmentation functions", Nucl.Phys.A 1036 (2023) 122670
- 4) A. Fetter & J. D. Walecka, "Quantum Theory of Many-Particle Systems", Dover Publications 2003.
- 5) J. R. Oppenheimer & G. M. Volkoff, "On Massive Neutron Cores", Physical Review 1939, y trabajos relacionados
- 6) Y. B. Zel'dovich & I.D. Novikov, "Stars and Relativity", Dover Publications 2011.
- 7) Juan J. Gálvez Viruet y Felipe J. Llanes Estrada, "Dynamical implementation of canonical second quantization on a quantum computer", notas de los profesores.
- 8) The Elements of Style, de William Strunk JR. y E.B. White, (guía para escribir de manera clara y concisa).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2024-25



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física Teórica
Título:	Deposito de energía en sistemas de membranas
Title:	Energy depot in thin sheets
Tutor/es:	Daniel Matoz Fernández, Chantal Valeriani
E-mail tutor/es:	dmatoz@ucm.es, cvaleriani@ucm.es
Número de plazas:	1
Asignación de TFG:	Asignación por expediente

Objetivos:

El/La estudiante

1. ****Comprender Sistemas Activos**** Identificará y explicará los principios fundamentales de los sistemas activos.
2. ****Dominar la Elasticidad**** Demostrará comprensión profunda de la teoría de elasticidad, incluyendo la ley de Hooke y derivados.
3. ****Analizar Láminas Delgadas (Thin Sheets)**** Aprenderá a describir y analizar las propiedades físicas y mecánicas de láminas delgadas activas, con énfasis en su comportamiento bajo cargas externas y las metodologías para su diseño y análisis.

Metodología:

El/La estudiante comprenderá los principios básicos detrás de las simulaciones de láminas delgadas, incluyendo los modelos físicos que las sustentan. Además, entenderá la física de modelos de partículas activas con depósitos de energía. Aprenderá a identificar las aplicaciones prácticas de estas simulaciones en sistemas biológicos. Esto incluirá la preparación de modelos de simulación, la configuración de parámetros de simulación, y la interpretación de resultados.

Bibliografía:

- *Werner Ebeling, Frank Schweitzer, "Self-Organization, Active Brownian Dynamics, and Biological Applications", Nova Acta Leopoldina NF (2003) vol. 88, pp. 169-188
- *Matoz-Fernandez, D. A., et al. "Wrinkle patterns in active viscoelastic thin sheets." Physical Review Research 2.1 (2020): 013165.
- *Miranda, Levis, Valeriani, "Collective behavior of energy-depot repulsive particles", In preparation (2024)



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2024-25



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física Teórica
Título:	Distinguiendo partículas activas de pasivas mediante aprendizaje supervisado en redes neurales de grafos
Title:	Distinguishing Active from Passive Particles Using Supervised Learning on Graph Neural Networks
Tutor/es:	Daniel Matoz Fernandez
E-mail tutor/es:	dmatoz@ucm.es
Número de plazas:	1
Asignación de TFG:	Asignación por expediente

Objetivos:

Este proyecto tiene como objetivo analizar una mezcla de filamentos activos y pasivos, utilizando técnicas de aprendizaje automático para diferenciarlos basándose en sus propiedades estáticas. El sistema en estudio está compuesto por filamentos activos los cuales muestran dinámicas complejas. Dependiendo del nivel de actividad, estos sistemas pueden transitar por varias fases, desde una fase de fundido de polímeros a baja actividad hasta una fase espiral a alta actividad. La pregunta es si es posible diferenciar entre filamentos activos y pasivos basándose en sus propiedades estáticas.

Metodología:

El alumno se familiarizará con el problema a través de la lectura de artículos científicos introductorios relacionados con los objetivos propuestos. El trabajo incluirá una breve reseña bibliográfica de los trabajos de materia activa y su relación con sistemas biológicos. El trabajo incluirá ejercicios con simulaciones computacionales la cual el alumno deberá realizar (se proveerá el código fuente).

Bibliografía:

- R. G. Winkler et al J. Chem. Phys. 153, 040901 (2020).
- K. R. Prathyusha et al PRE 97, 022606 (2018).
- R. E. Isele-Holder et al Soft Matter 11, 7181 (2015).
- M. Ruiz-Garcia et al arXiv: 2203.14846 (2023).
- G. Janzen et al EPL 143 17004 (2023).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2024-25



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física Teórica
Título:	Simetrías e integrabilidad en sistemas hamiltonianos y ecuaciones diferenciales
Title:	Symmetry and integrability in Hamiltonian systems and differential equations
Tutor/es:	Miguel Ángel Rodríguez González, Piergiulio Tempesta
E-mail tutor/es:	rodrigue@ucm.es, p.tempesta@fis.ucm.es
Número de plazas:	2
Asignación de TFG:	Asignación por expediente

Objetivos:

El objetivo de este TFG es el estudio de sistemas integrables en mecánica clásica y cuántica que tienen una formulación hamiltoniana, y el estudio de las simetrías de estos sistemas y de ecuaciones diferenciales en general. Ambas cuestiones están relacionadas por lo que los dos trabajos ofertados tratarán estos dos aspectos.

Aunque en los dos TFG se usarán técnicas comunes, uno de ellos se centrará en cuestiones de integrabilidad y superintegrabilidad de un sistema hamiltoniano mientras que el otro estudiará con más detalle cuestiones relativas a las simetrías, con técnicas basadas en la teoría de grupos de Lie, tanto en sistemas hamiltonianos como en ecuaciones diferenciales en derivadas parciales estándar o fraccionarias.

Metodología:

La metodología que se usará en ambos trabajos será el estudio de artículos y manuales de introducción al tema.

En un segundo paso se estudiarán artículos relativos al problema concreto planteado.

Finalmente, se procederá a una discusión de los resultados obtenidos y se estudiarán posibles nuevos resultados, siempre dentro de los objetivos y estructura generales de un TFG.

Bibliografía:

E. G. Kalnins, J. M. Kress, W. Miller Jr., Separation of Variables and Superintegrability, IOP Publishing, Bristol, 2018

W. Miller Jr, S. Post, P. Winternitz: Classical and quantum superintegrability with applications. J. Phys. A: Math. Theor. **46** 423001 (2013)

P. J. Olver, Applications of Lie groups to differential equations, Springer 1993.

M.A. Rodríguez, P. Tempesta: On higher-dimensional superintegrable systems: a new family of classical and quantum Hamiltonian models. J. Phys. A: Math. Theor. **55** 50LT01 (2022)

R.K. Gazizov, A.A. Kasatkin, S.Y. Lukashchuk: Symmetry properties of fractional diffusion equations, Phys. Scr. T**136**, 014016 (2009).

F. Tremblay, A.V. Turbiner, P. Winternitz: An infinite family of solvable and integrable quantum systems on a plane. J. Phys. A: Math. Theor. **42** 242001 (2009)