



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2023-24



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Estructuras disipativas	
Title:	Dissipative structures	
Supervisor/es:	Vicenta María Barragán García	
E-mail supervisor/es	vmabarra@ucm.es	
Número de plazas:	2	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

Los sistemas disipativos son aquellos que lejos del equilibrio pueden potencialmente dar lugar a estructuras de gran complejidad y evolucionar de forma autoorganizada. En la naturaleza pueden observarse ejemplos de estas estructuras, conocidas como estructuras disipativas, que pueden estudiarse con el formalismo de la termodinámica del no equilibrio. El objetivo es conocer y comprender el concepto de estructura disipativa como forma de auto-organización en sistemas muy alejados del equilibrio para, posteriormente, localizar ejemplos de estructuras disipativas que se presentan en la naturaleza y analizarlas en el marco de la termodinámica del no equilibrio.

Metodología:

Una vez familiarizado con el concepto de estructura disipativa, el alumno realizará una búsqueda de ejemplos de estructuras disipativas que se observan en la naturaleza, identificando aquellos aspectos que permiten identificarlas como estructuras disipativas y analizándolas desde el punto de vista de la termodinámica del no equilibrio.

Bibliografía:

Aunque la búsqueda de bibliografía forma parte de la metodología propuesta, se recomienda consultar la bibliografía de las asignaturas del Grado en Física relacionadas con el tema propuesto, Termodinámica y Termodinámica del no equilibrio.

-Ilya Prigogine, Introducción a la termodinámica de los procesos irreversibles, Selecciones Científicas, 1974.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2023-24



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Entropía, información y mercados financieros	
Title:	Entropy, information, and financial markets	
Supervisor/es:	Juan Manuel Rodríguez Parrondo	
E-mail supervisor/es	parrondo@ucm.es	
Número de plazas:	2	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos

Comunes para ambos estudiantes:

- Estudiar cómo se pueden aplicar modelos estocásticos al movimiento browniano y a la dinámica de mercados financieros y productos derivados.
- Derivar la ecuación de Black-Scholes para el precio de productos derivados utilizando la teoría de ecuaciones diferenciales estocásticas.

Individuales para cada estudiante:

- Analizar el precio de algún producto derivado y su subyacente utilizando datos reales (distintos para cada estudiante).

Metodología:

- Revisión de literatura.
- Cálculos analíticos y simulaciones en Python utilizando la teoría de ecuaciones diferenciales estocásticas.
- Análisis de datos financieros reales utilizando Python, Matlab o programas similares.

Bibliografía:

- W. Paul, J. Baschnagel, *Stochastic Processes from Physics to Finance*, 2ª ed. (Springer, 2013).

- R. Toral, P. Colet, *Stochastic Numerical Methods: An Introduction for Students and Scientists* (Wiley, 2014).
- J Perelló, J.M Porrà, M Montero, J Masoliver, *Black–Scholes option pricing within Itô and Stratonovich conventions*. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* 278 260-274 (2000).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2023-24



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Termodinámica de la información	
Title:	Thermodynamics of information	
Supervisor/es:	Juan Manuel Rodríguez Parrondo	
E-mail supervisor/es	parrondo@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

- Revisar la literatura reciente sobre el demonio de Maxwell y la relación entre entropía e información.
- Analizar posibles aplicaciones de la termodinámica de la información en otros problemas como modelos de predicción y de apuestas.

Metodología:

- Revisión de literatura.
- Cálculos analíticos y simulaciones en Python de procesos termodinámicos con información y/o modelos de apuestas que admitan una interpretación termodinámica.

Bibliografía:

- J.M.R. Parrondo, J.M. Horowitz y T. Sagawa, *Thermodynamics of information*. Nature Physics **11**, 131-139 (2015).
- D.A. Vinkler, H.H. Permuter y N. Merhav, *Analogy between gambling and measurement-based work extraction*. Journal of Statistical Mechanics-Theory and Experiment (2016).
- L. Touzo, M. Marsili y D. Zagier, *Information thermodynamics of financial markets: the Glosten-Milgrom model*. Journal of Statistical Mechanics-Theory and Experiment **2021**, (2021).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2023-24



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Modelos de espín en física y sociología	
Title:	Spin models in physics and sociology	
Supervisor/es:	Juan Manuel Rodríguez Parrondo y Ricardo Brito López	
E-mail supervisor/es	parrondo@ucm.es brito@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

- Estudiar el modelo de Ising y su relación con modelos de opinión pública como el modelo del votante.
- Estudiar las propiedades cualitativas de estos modelos, como transiciones de fase y fenómenos críticos.
- Diseñar variantes novedosas del modelo del votante.

Metodología:

- Revisión de literatura.
- Cálculos analíticos y simulaciones en Python o Matlab de modelos de espín y del modelo del votante.

Bibliografía:

- P.L. Krapivsky, S. Redner, E. Ben-Naim, *A Kinetic View of Statistical Physics* (Cambridge University Press, 2013).
- S. Redner, *Reality-inspired voter models: A mini-review*. *Comptes Rendus Physique* **20**, 275-292 (2019).
- R. Albert y A.L. Barabasi, *Statistical mechanics of complex networks*. *Reviews of Modern Physics* **74**, 47-97 (2002).
- J. Fernandez-Gracia, K. Suchecki, J.J. Ramasco, M. San Miguel y V.M. Eguiluz, *Is the Voter Model a Model for Voters?* *Physical Review Letters* **112**, (2014).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2023-24



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Caos y física estadística en sistemas cuánticos	
Title:	Chaos and statistical physics in quantum systems	
Supervisor/es:	Armando Relaño Pérez	
E-mail supervisor/es	armando.relano@fis.ucm.es	
Número de plazas:	3	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

El estudio de la dinámica y la termodinámica en sistemas cuánticos, suficientemente pequeños como para quedar lejos del límite macroscópico, y suficientemente grandes como para permitir la emergencia de fenómenos colectivos, es, actualmente, una disciplina de gran importancia. Dentro de este ámbito, el presente trabajo se refiere a dos fenómenos con una estrecha relación y con múltiples manifestaciones. Su principal objetivo es que los estudiantes profundicen en una de ellas, estudien su estado actual e indaguen en sus características y sus consecuencias físicas, bien mediante un estudio bibliográfico, bien mediante simulaciones y cálculos numéricos.

El caos cuenta con una definición matemática precisa y una fenomenología muy característica en sistemas clásicos. Sin embargo, sus manifestaciones en el ámbito cuántico no son tan fáciles de identificar, debido a la linealidad de la ecuación de Schrödinger. Las consecuencias de este problema, así como el estudio de los fenómenos puramente cuánticos vinculados a la complejidad y el caos, constituyen posibles líneas de trabajo.

La fundamentación de la física estadística cuántica adolece de un problema similar. En sistemas clásicos, la hipótesis ergódica, directamente relacionada con el caos, justifica el uso de los métodos habituales en física estadística. Sin embargo, la relación entre el caos y la física estadística en sistemas cuánticos, especialmente en aquellos que se encuentran lejos del límite macroscópico, no está tan sólidamente establecida. El estudio de esta relación, así como el de otros fenómenos colectivos presentes en este tipo de sistemas, como la relación entre entrelazamiento y entropía termodinámica, o las transiciones de fase cuánticas, constituyen otras posibles líneas de trabajo.

Para llevar a cabo este trabajo, el estudiante elegirá entre una de las siguientes

posibilidades y, a partir de los conocimientos adquiridos en asignaturas como Física Cuántica I y II, y Física Estadística, profundizará en ella:

- Manifestaciones del caos en el espectro de energías y las funciones de onda.
- Dinámica en las versiones clásica y cuántica de un mismo sistema físico.
- Caos cuántico y dispersión de la información.
- Relación entre el caos y la física estadística cuántica.
- Entrelazamiento y entropía.
- Procesos de no equilibrio en sistemas cuánticos.
- Transiciones de fase cuánticas.

Asimismo, cabe la posibilidad de que el estudiante proponga algún tema alternativo, dentro del ámbito del presente trabajo.

Para facilitar la comprensión de algunos de estos temas, sería de ayuda que el estudiante hubiera cursado o estuviera curando algunas de las optativas ofertadas en tercero y cuarto, como Mecánica Cuántica, Mecánica Teórica o Transiciones de Fase. Además, en caso de optar por la realización de simulaciones numéricas, convendría que el estudiante estuviera familiarizado con algún lenguaje de programación y/o con algún software científico orientado al cálculo numérico, como Python, Matlab, C, Fortran, etc. La elección del lenguaje y/o el software la realizaría el propio estudiante.

Metodología:

En todos los casos, se deberá elegir una de las propuestas listadas en el apartado anterior (o discutir con el tutor alguna alternativa) y revisar su bibliografía básica, con el fin de entender el problema y su estado actual. Después, en función de la orientación que se le quiera dar al trabajo, la metodología podrá consistir en:

- Realizar una búsqueda bibliográfica más detallada para profundizar en aspectos concretos del problema elegido.
- Llevar a cabo cálculos o simulaciones sencillas en algún sistema físico.

Todas estas tareas serán tutorizadas. Uno de los objetivos de este trabajo es que la persona que lo realice discuta sus resultados, explicaciones y conclusiones con el tutor, con el fin de que se familiarice con el método de trabajo típico de la investigación.

Bibliografía:

Se dan a continuación unas pocas referencias. Todas ellas se refieren a alguna o algunas de las posibilidades ofertadas; ninguna trata sobre todas ellas. Según la orientación del trabajo, el tutor podrá recomendar referencias más especializadas, y/o el estudiante podrá tener que buscarlas por su cuenta.

- O. Bohigas, "Quantum chaos", Nuclear Physics A 751, 343 (2005).
- A. Relaño, "Caracterización del caos cuántico mediante series temporales", tesis doctoral, UCM (2004).
- D. Ullmo, "The Bohigas-Giannoni-Schmit conjecture", Scholarpedia

11(9):31721.

- M. Rigol, V. Dunjko, and M. Olshanii, "Thermalization and its mechanism for generic isolated quantum systems", *Nature* 452, 854 (2008); arXiv: 0708.1324.
- L. D'Alessio, Y. Kafri, A. Polkovnikov, and M. Rigol, "From quantum chaos and eigenstate thermalization to statistical mechanics and thermodynamics", *Advances in Physics* 65, 239 (2016); arXiv: 1509.06411.
- K. Hashimoto, K. Murata, and R. Yoshii, "Out-of-time-order correlators in quantum mechanics", *Journal of High Energy Physics* 10, 138 (2017); arXiv: 1703.09435.
- J. Gemmer, M. Michel, and G. Mahler, "Quantum thermodynamics, Emergence of thermodynamic behavior within composite quantum systems", *Lect. Notes Phys.* 657 (Springer, Berlin Heidelberg 2005).
- A. Polkovnikov, K. Sengupta, A. Silva, and M. Venalattore, "Colloquium: Nonequilibrium dynamics of closed interacting quantum systems", *Review of Modern Physics* 83, 863 (2011); arXiv:1007.5331
- S. Popescu, A. J. Short, A. Winter, "Entanglement and the foundations of statistical mechanics", *Nature Physics* 2, 754 (2006); arXiv:quant-ph/0511225.
- M. Vojta, "Quantum phase transitions", *Reports on Progress in Physics.* 66, 2069 (2003); arXiv:cond-mat/0309604.
- M. Heyl, "Dynamical quantum phase transitions: a review", *Reports on Progress in Physics* 81, 054001 (2018); arXiv:1709.07461.
- Pavel Cejnar, Pavel Stránský, Michal Macek, Michal Kloc, "Excited-state quantum phase transitions", *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical.* 54, 133001 (2021); arXiv: 2011.01662.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2023-24



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Movimiento Browniano, dinámica bacteriana.	
Title:	Brownian motion and bacterial dynamics	
Supervisor/es:	Ricardo Brito	
E-mail supervisor/es	brito@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

Los principales objetivos del trabajo serán la familiarización con el fenómeno del movimiento browniano, la explicación de Einstein y sus consecuencias en la dinámica de las partículas.

Además se realizará una simulación numérica (estocástica) de movimiento browniano mediante ecuación de Langevin que permitirá comprobar numéricamente las propiedades estadísticas de este movimiento. Finalmente se propone modificar dicha simulación para estudiar el movimiento aleatorio (“tumble and run”) de la bacteria E. coli o alternativamente algún otro modelo de los conocidos como “active swimmers”.

Metodología:

- 1.- Elaboración de material escrito a partir del estudio de la literatura sobre el movimiento browniano y en particular el artículo de Einstein que versa sobre el fenómeno (ver sección Bibliografía). Además se hará constar las aplicaciones actuales o disciplinas en las que resulta relevante a través de algunos ejemplos.
- 2.- Programación de una simulación numérica de movimiento browniano y toma de medidas (valores medios de la posición, distribución de velocidades, coeficientes de transporte mediante fórmulas de Green-Kubo y otras). Se recomienda tener conocimientos de algún lenguaje de programación: por ejemplo Matlab, C o Python.
3. Modificación de la simulación para estudiar el movimiento de la bacteria E. coli u otro “active swimmer”.

Bibliografía:

A. Einstein, Investigations of the Theory of Brownian Movement (Dover, 1956).
CW. Gardiner, Handbook of stochastic methods: for Physics, Chemistry and the Natural Sciences, Berlin, Springer, (1985).
Riccardo Mannella. A Gentle Introduction to the Integration of Stochastic Differential Equations, Capítulo en Stochastic Processes in Physics, Chemistry and Biology. Volume 557 Lecture Notes in Physics, pp 353-364 (2001).
H.C. Berg, Random Walks in Biology, Princeton University Press (1993).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2023-24



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Fenómenos de fricción en la nanoescala	
Title:	Friction at the nanoscale	
Supervisor/es:	Juan José Mazo Torres	
E-mail supervisor/es	jmazo@ucm.es	
Número de plazas:	2	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

El trabajo plantea un estudio teórico y computacional de diversos fenómenos de fricción en la nanoescala. En particular se tomará como referencia el fenómeno de stick-slip observado en los experimentos con Microscopios de Fuerza Fricción, que se entenderán en base al modelo Prandtl-Tomlinson y sus extensiones. El trabajo se realizará fundamentalmente a través de la implementación de los modelos adecuados y la realización de simulaciones numéricas sobre el mismo. El objetivo final del trabajo es la demostración de un grado de madurez adecuado a través de la realización de un resumen y la defensa del trabajo realizado.

Metodología:

- Lectura y estudio de la bibliografía básica al respecto.
- Implementación de distintas dinámicas propuestas en la literatura.
- Extensión de los resultados originales a sistemas con mayor complejidad.
- Realización de las simulaciones y análisis de los resultados.

Bibliografía:

- [1] A. Vanossi et al. Modeling friction: From nanoscale to mesoscale, Rev. Mod. Phys. 85, 529 (2013).
- [2] N. Manini et al. Current trends in the physics of nanoscale friction, Advances in Physics: X, 2, 569 (2017).
- [3] Insights into tribology from in situ nanoscale experiments. MRS Bulletin 44, 478 (2019).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2023-24



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Polímeros activos en confinamiento	
Title:	Active polymers under confinement	
Supervisor/es:	José Martín Roca, Chantal Valeriani	
E-mail supervisor/es	josema10@ucm.es , cvaleriani@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

Familiarizarse con el concepto de simulaciones numéricas de sistemas físicos fuera del equilibrio y el efecto de su confinamiento, desarrollando los códigos de análisis de las propiedades estadísticas para caracterizar el sistema en función de los diferentes parámetros.

Metodología:

Se comenzará con una breve introducción teórica de los polímeros clásica y las propiedades más relevantes objeto de estudio [1]. Posteriormente se introducirá al estudiante al uso de los programas ya desarrollados y testeados para la simulación de polímeros activos [2]. A continuación, el estudiante analizará las simulaciones realizadas con programas de análisis que serán desarrollados por él mismo, con la supervisión cercana de los codirectores, comprobando la coherencia de los resultados y comparando con trabajos anteriores.

Bibliografía:

[1] Doi, M., Edwards, S. F., & Edwards, S. F. (1988). *The theory of polymer dynamics* (Vol. 73). oxford university press.

[2] LAMMPS - a flexible simulation tool for particle-based materials modeling at the atomic, meso, and continuum scales, A. P. Thompson, H. M. Aktulga, R. Berger, D. S. Bolintineanu, W. M. Brown, P. S. Crozier, P. J. in 't Veld, A. Kohlmeyer, S. G. Moore, T. D. Nguyen, R. Shan, M. J. Stevens, J. Tranchida, C. Trott, S. J. Plimpton, *Comp Phys Comm*, 271 (2022) 10817.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2023-24



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Propiedades estadísticas de partículas activas confinadas en un tablero de Galton	
Title:	Statistical properties of active particles confined in a Galton board	
Supervisor/es:	C. Miguel Barriuso Gutiérrez, Chantal Valeriani	
E-mail supervisor/es	carbarri@ucm.es, cvaleriani@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

Familiarizarse con los sistemas de materia activa y sus propiedades estadísticas. Realizar simulaciones numéricas de estos sistemas y contrastar con la teoría. Entender el funcionamiento del tablero de Galton y su importancia en el contexto de la teoría de la probabilidad y la física estadística. Realizar simulaciones numéricas de materia activa en un tablero de Galton. Discutir las consecuencias de la actividad de las partículas en el funcionamiento del tablero y lo que aportan al entendimiento de la física estadística de la materia activa.

Metodología:

Se comenzará con una breve introducción teórica de los distintos sistemas de materia activa [1-3] y del funcionamiento del tablero de Galton [4-6]. Posteriormente se introducirá al estudiante al uso de los programas ya desarrollados y testeados para la simulación de estos sistemas [7]. A continuación, el estudiante analizará las simulaciones realizadas con programas de análisis que serán desarrollados por él mismo, con la supervisión cercana de los codirectores, comprobando la coherencia de los resultados y comparando con trabajos anteriores.

Bibliografía:

- [1] Annu. Rev. Condens. Matter Phys. 2010. 1:323–45
- [2] PRL **100**, 218103 (2008)
- [3] Nature Reviews Physics, **2**, pages 181–199 (2020)

[4] Galton, Sir Francis (1894). Natural Inheritance

[5] Eur. Phys. J. E 11, 131–140 (2003)

[6] JAMS, **22**, 3, 821–858 (2009)

[7] LAMMPS - Comp Phys Comm, 271 (2022) 10817.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2023-24



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	El cerebro como estructura disipativa	
Title:	The brain as a dissipative structure	
Supervisor/es:	Sagrario Muñoz San Martín, Vicenta María Barragán García	
E-mail supervisor/es	smsm@ucm.es , vmabarra@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

Los sistemas disipativos son aquellos que lejos del equilibrio pueden potencialmente dar lugar a estructuras de gran complejidad y evolucionar de forma autoorganizada. Estas estructuras pueden formarse en sistemas biológicos, que pueden entenderse como sistemas termodinámicos abiertos que intercambian energía con el medio ambiente que les rodea en condiciones lejanas al equilibrio termodinámico. El objetivo es examinar el cerebro como una estructura disipativa en el marco de la termodinámica del no equilibrio.

Metodología:

Una vez familiarizado con el concepto de estructura disipativa, el alumno analizará el comportamiento del cerebro, analizando aquellos aspectos que permiten identificarlo como una estructura disipativa y analizándolo desde el punto de vista de la termodinámica.

Bibliografía:

Aunque la búsqueda de bibliografía forma parte de la metodología propuesta, se recomienda consultar la bibliografía de las asignaturas del Grado en Física relacionadas con el tema propuesto, Termodinámica y Termodinámica del no equilibrio.

-Ilya Prigogine, Introducción a la termodinámica de los procesos irreversibles, Selecciones Científicas, 1974.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2023-24



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Física de los Ecosistemas	
Title:	Ecosystems Physics	
Supervisor/es:	Francisco Javier Cao García, Juan Pedro García Villaluenga	
E-mail supervisor/es	francao@ucm.es , jpgarcia@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

- Comprender las bases de la dinámica de los ecosistemas. Procesos de nacimiento, muerte, difusión; influencia de las fluctuaciones ambientales aleatorias; evaluación de riesgos de extinción.
- Adquirir los conocimientos previos necesarios para trabajar en el activo e innovador campo del estudio de los ecosistemas desde una perspectiva multispecie y en sistemas espacialmente extendidos.

Metodología:

- El alumno adquirirá a través de secciones seleccionadas de la bibliografía fundamental los conocimientos necesarios para desarrollar el trabajo.
 - El alumno puede optar por abordar en su trabajo el estudio de varios tipos de problemas (evaluación de riesgo de extinción, competición, depredador-presa, riesgo de extinción, efectos de la fragmentación del hábitat, efectos de las fluctuaciones ambientales aleatorias, ...)
- Este trabajo incluye interacción con el Grupo de Dinámica fuera del Equilibrio.
Este trabajo está recomendado para estudiantes de la Orientación de Física Fundamental del Grado en Física. Es altamente recomendable tener conocimientos de programación (R, Python, Matlab).

Bibliografía:

Fundamental:

- Gotelli NJ, A primer of Ecology, Sinauer 2008

- Lande R, Engen S, Saether BE, Stochastic Population Dynamics in Ecology and Conservation, Oxford 2003

Complementaria:

- May R, Mclean AR (Eds.), Theoretical Ecology: Principles and Applications 3rd Edition, Oxford 2007, by Robert May (Editor), Angela R. Mclean (Editor)
- Ripa, J. and Ranta, E. Biological filtering of correlated environments: towards a generalised Moran theorem. – *Oikos* 116: 783–792 (2007)
- J Jarillo, B-E Sæther, S Engen, FJ Cao, Spatial scales of population synchrony of two competing species: effects of harvesting and strength of competition, *Oikos* 127, 1459 (2018)
- S Engen, FJ Cao, B-E Sæther, The effect of harvesting on the spatial synchrony of population fluctuations, *Theoretical Population Biology*, 10.1016/j.tpb.2018.05.001, 123, (28-34), (2018).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2023-24



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Caracterización de movimiento browniano usando análisis de vídeo automatizado.	
Title:	Brownian motion characterization with automated video analysis.	
Supervisor/es:	Juan Pedro García Villaluenga, Francisco Javier Cao García	
E-mail supervisor/es	jpgarcia@ucm.es , francao@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

El objetivo es el estudio y caracterización del movimiento browniano, analizando imágenes experimentales mediante diversas técnicas de tracking y análisis de imágenes mediante redes neuronales.

Metodología:

1. Grabación de los vídeos de sistemas coloidales.
2. Estudio y análisis de técnicas de tracking y de análisis de imagen con redes neuronales (Machine/Deep Learning). La implementación se realizará con librerías de Python.
3. Análisis físico de las trayectorias obtenidas: cálculo de los exponentes y coeficientes del movimiento dispersivo.

Bibliografía:

1. Einstein, A. (1956). Investigations on the Theory of the Brownian Movement. Dover Publications.
2. Burov, S., Jeon, J.-H., Metzler, R., Barkai, E. (2011). Single particle tracking in systems showing anomalous diffusion: the role of weak ergodicity breaking. Physical Chemistry Chemical Physics: PCCP, 13(5), 1800–1812. <https://doi.org/10.1039/c0cp01879a>
3. R. Yamashita, M. Nishio, R.K.G. Do, K. Togashi, Convolutional neural networks: an overview and application in radiology, Insights Imaging, 9:611–629 (2018)



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2023-24



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Gestión de aguas residuales mediante tecnología de membranas de fibra hueca	
Title:	Wastewater management by hollow fiber membrane technology	
Supervisor/es:	Loreto García Fernández y Carmen García Payo	
E-mail supervisor/es	loreto.garcia@ucm.es , mcgpayo@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

Conservar el estado ecológico del agua y buscar nuevos recursos que ayuden a gestionarla de manera sostenible son factores de vital importancia para nuestra sociedad y para el medioambiente. La escasez de agua que sufrimos actualmente se está viendo acelerada por factores como el cambio climático. Para atajar este problema mundial es necesario llevar a cabo un plan estratégico que incluya dos acciones principales, evitar la contaminación de las aguas y fomentar la reutilización de las mismas mediante soluciones innovadoras y respetuosas con el medioambiente.

Este trabajo se centra en una de las posibles alternativas al problema, el tratamiento de aguas residuales mediante tecnología de membranas, como la microfiltración o ultrafiltración. Para alcanzar la sostenibilidad económica y ambiental de este proceso, es necesario minimizar el consumo energético y los recursos requeridos para su desarrollo, así como evitar la generación de residuos en el propio tratamiento de aguas. Para ello, se debe disponer de tecnologías de tratamiento versátiles y compatibles con energías alternativas, y de una red sostenible de gestión de aguas residuales que minimice la huella ambiental.

Entre las diferentes geometrías de membrana, la de fibra hueca resulta ser la más atractiva para la implementación industrial del proceso de tratamiento de aguas, ya que estas membranas presentan una mayor densidad de empaquetamiento (mayor de $30.000 \text{ m}^2/\text{m}^3$) frente a las planas, optimizando así la producción.

El alumno deberá adquirir conocimientos básicos sobre ciencia y tecnología de membranas de fibra hueca y entenderá la problemática existente sobre la gestión sostenible del agua y la importancia de su estudio.

Metodología:

Tras realizar una revisión bibliográfica del estado del arte del tema, familiarizarse con la terminología y aprender los conceptos fundamentales, el alumno deberá realizar una búsqueda bibliográfica más especializada sobre los recursos disponibles en la actualidad y las soluciones innovadoras que se presentan al problema de estudio, los cuales deben ser analizados de forma crítica. El alumno podrá hacer uso de un software especializado en gestión y organización de referencias bibliográficas. Además, el estudiante podrá visitar las instalaciones del grupo de Membranas y Energías Renovables de la Facultad.

Este trabajo permite realizar una parte experimental con membranas de fibra hueca de doble capa para el tratamiento de aguas residuales modelos utilizando procesos de membranas de microfiltración – ultrafiltración – nanofiltración.

Bibliografía:

- D.M. Warsinger, S. Chakraborty, E.W. Tow, et al., *A review of polymeric membranes and processes for potable water reuse*, Progress in Polymer Science 81 (2018) 209–237
- Y. Huang, C. Xiao, Q. Huang, et al., *Progress on polymeric hollow fiber membrane preparation technique from the perspective of green and sustainable development*, Chemical Engineering Journal 403 (2021) 126295
- Y. Chen, X. Hu, X. Hu, S. Zhang, and Y. Zhang, *Polymeric hollow fiber membranes prepared by dual pore formation mechanism*. Materials Letters, 143 (2015) 315-318.4
- C.Y. Feng, K.C. Khulbe, T. Matsuura, A.F. Ismail, *Recent progresses in polymeric hollow fiber membrane preparation, characterization and applications*, Separation and Purification Technology, 111 (2013) 43-71
- N. Peng, N. Widjojo, P. Sukitpaneelit, M. M. Teoh, G.G. Lipscomb, T. S. Chung, J.Y. Lai, *Evolution of polymeric hollow fibers as sustainable technologies: Past, present, and future*. Progress in Polymer Science, 37 (2012) 1401-1424

Puesto que una de las partes fundamentales de la metodología que se pretende seguir es la búsqueda bibliográfica, en principio se le recomienda al alumno estas referencias a modo informativo. Se le proporcionará bibliografía adicional una vez iniciado el trabajo.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2023-24



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Tecnología de membranas de fibra hueca en la industria alimentaria	
Title:	Hollow fiber membrane technology in the food industry	
Supervisor/es:	Loreto García Fernández	
E-mail supervisor/es	loreto.garcia@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

La industria alimentaria es un sector que se encuentra en constante desarrollo y es de gran importancia para nuestra sociedad. El aumento de la población, junto con su migración desde las zonas rurales hacia las ciudades, ha generado un incremento de la producción industrial y de los residuos que éstas generan. En la producción de diferentes alimentos se generan ciertos subproductos de valor añadido tanto a nivel comercial como nutricional. Es imprescindible que exista una red de gestión de los mismos para optimizar el rendimiento de los procesos industriales.

Este trabajo se centra en la gestión de compuestos procedentes de la industria alimentaria, tales como derivados de lácteos, aceitunas, bebidas (vino, cerveza, zumos) y azúcar, mediante técnicas de separación por membranas sostenibles y respetuosas con el medioambiente, como es el proceso de destilación en membrana (DM). La DM es una tecnología emergente que permite separar y concentrar solutos no volátiles, pudiendo tratar una amplia variedad de disoluciones. Es un proceso no-isotermo de evaporación/condensación en el que tienen lugar simultáneamente transporte de calor y masa a través de una membrana porosa e hidrófoba. La geometría de membrana más atractiva para la implementación industrial del proceso DM es la fibra hueca, pues presenta una mayor densidad de empaquetamiento en módulos tubulares frente a las planas, facilitando su instalación y optimizando la producción. Además, la DM se considera una tecnología de bajo impacto medioambiental debido a su alta selectividad, la reducción o nula generación de residuos, y a su menor consumo energético, lo que permite aprovechar el calor

residual de la propia planta industrial pudiendo realizar un tratamiento in situ de los subproductos, y mejorando así el sistema de gestión integrado de la industria.

Metodología:

- Revisión bibliográfica del estado del arte sobre tecnologías de separación por membranas en la industria alimentaria, pudiendo hacer uso de un software especializado en gestión y organización de referencias.
- Adquisición de conocimientos básicos sobre ciencia y tecnología de membranas de fibra hueca, y análisis crítico sobre la gestión sostenible de la industria alimentaria y la importancia de su estudio.
- Posibilidad de realizar el trabajo experimental con membranas de fibra hueca cerámicas y/o poliméricas para el tratamiento de productos modelo derivados de la industria alimentaria utilizando el proceso DM.

Bibliografía:

- C. Charcosset, *Classical and recent applications of membrane processes in the food industry*, Food Engineering Reviews (2021) 13:322–343

- M. Khayet, *Membranes and theoretical modeling of membrane distillation: A review*, Advances in Colloid and Interface Science 164 (2011) 56-88.

- M. Plagiero, M. Khayet, C. García-Payo et al., *Hollow fibre polymeric membranes for desalination by membrane distillation technology: A review of different morphological structures and key strategic improvements*, Desalination 516 (2021) 115235.

- H. Morker, B. Saini, A. Dey, *Role of membrane technology in food industry effluent treatment*, Materials Today: Proceedings 77 (2023) 314-321.

- H. Kiai, M.C. García-Payo, A. Hafidi, et al., *Application of membrane distillation technology in the treatment of table olive wastewaters for phenolic compounds concentration and high quality water production*, Chemical Engineering and Processing: Process Intensification 86 (2014) 153-161.

Puesto que una de las partes fundamentales de la metodología que se pretende seguir es la búsqueda bibliográfica, en principio se le recomienda al alumno estas referencias a modo informativo. Se le proporcionará bibliografía adicional una vez iniciado el trabajo.