



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Faros cósmicos de rayos gamma	
Title:	Gamma-ray cosmic lighthouses	
Supervisor/es:	Marcos López Moya	
E-mail supervisor/es	marcolop@ucm.es	
Número de plazas:	2	
Asignación de TFG:	Selección directa ☒	Selección por expediente ☐

Objetivos:

Los púlsares se encuentran entre los entornos astrofísicos más fascinantes, en los que la aceleración de partículas hasta energías ultra-relativistas puede llegar a originar la emisión de potentes chorros de rayos gamma.

Los púlsares son estrellas de neutrones, en las que se combinan intensos campos gravitatorios y magnéticos (billones de veces más intenso que el del Sol), junto con altísimas velocidades de rotación (estas estrellas pueden llegar a rotar hasta cientos de veces por segundo). El efecto combinado da lugar a la emisión de radiación electromagnética a intervalos regulares, la cual puede llegar a ser de altísima energía. Cuando el haz de radiación pasa por delante de nuestra línea de visión, se detectan rápidos pulsos de luz, como si de un faro cósmico se tratase.

Recientemente se ha descubierto la emisión de rayos gamma de muy alta energía procedente de tres púlsares, hecho que desafía los modelos teóricos actuales.

Junto con la radiación emitida, las partículas aceleradas en los púlsares también podrían llegar hasta nosotros. Esto podría explicar parte del exceso de antimateria (positrones) que ha sido detectado en torno a la Tierra.

El alumno que elija este trabajo tendrá la oportunidad de adquirir una comprensión general sobre el funcionamiento de los púlsares, y de los mecanismos de aceleración de partículas hasta energías ultra-relativistas en entornos astrofísicos. Asimismo, se familiarizará con las técnicas de detección de rayos gamma con telescopios espaciales y terrestres de última generación, tales como el telescopio espacial Fermi-LAT y los telescopios terrestres MAGIC y CTA.

Metodología:

Aunque el trabajo incluye una importante parte bibliográfica, el alumno también podrá iniciarse en el análisis de datos de telescopios de rayos gamma. Para la parte práctica se aprenderá a manejar herramientas de análisis de datos astrofísicos, utilizándose Python y Linux. Eventualmente, se podrán realizar simulaciones de la emisión de rayos gamma en entornos astrofísicos. Para todo ello, además de la bibliografía general listada más abajo, será necesario buscar y consultar artículos que describan los últimos avances en el campo objeto de estudio.

Bibliografía:**Webs**

- <https://fermi.gsfc.nasa.gov>
- <https://magic.mpp.mpg.de>
- <https://observatorio-cta.es/>

Artículos

- [Gamma-ray pulsars: A gold mine](#)
- [Gamma-Ray Pulsars: Models and Predictions](#)
- [Gamma-ray pulsars with Fermi](#)
- [Detection of the Geminga pulsar with MAGIC](#)

Libros

- Introduction to Particle and Astroparticle Physics. A. de Angelis & M. Pimenta. Ed. Springer (2018)
- High energy cosmic rays. T. Stanev, Springer (2010)
- Particle Astrophysics. D. Perkins, Oxford University Press (2009)
- Very High Energy Cosmic Gamma Radiation Universe. F. A. Aharonian. World Scientific (2004)
- High-energy astrophysics. Vol. 1 y 2. M.S. Longair, Cambridge University Press (1992)



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	El reloj nuclear de $^{229\text{m}}\text{Th}$	
Title:	The $^{229\text{m}}\text{Th}$ nuclear clock	
Supervisor/es:	Luis Mario Fraile Prieto	
E-mail supervisor/es	lmfraile@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa ☒	Selección por expediente ☐

Objetivos:

El estado isomérico del isótopo radioactivo de ^{229}Th de tan solo 8.2 eV es el candidato más prometedor para desarrollar un reloj nuclear. El TFG tiene como objetivo entender conceptualmente las ventajas y retos de un reloj basado en la transición nuclear frente a los relojes atómicos, comprender sus limitaciones y estudiar las propiedades que es necesario medir experimentalmente para poder llegar a emplearlo como reloj de altísima precisión.

Metodología:

1. Estudio de la bibliografía existente sobre el isómero $^{229\text{m}}\text{Th}$, sus propiedades nucleares (espín-paridad, energía de excitación, vida media, radiación emitida) y las perspectivas de observar su desintegración.
2. Familiarización con los aspectos más relevantes de las técnicas experimentales de detección. Entender las posibles alternativas experimentales para identificar y detectar el isómero.
3. Investigación de las opciones de excitación de este nivel mediante excitación laser, sus propiedades y dificultades tecnológicas.
4. Participación en actividades formativas específicas para los trabajos de fin de grado, directrices para la elaboración del trabajo y de la presentación
5. Desarrollo del tema de estudio, redacción y revisión del trabajo.
6. Exposición de los trabajos previa a la presentación y defensa oficiales.

Bibliografía:

Von der Wense et al., 2016 *Nature* **533** 7601
Thielking et al., 2018 *Nature* **556** 7701
Seiferle et al., 2019 *Nature* **573** 7773



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



1GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	ESTRUCTURA DE LA MATERIA, FÍSICA TÉRMICA Y ELECTRONICA	
Título:	"Física y Medicina"	
Title:	"Physics and Medicine"	
Supervisor/es:	María Amparo Izquierdo Gil	
E-mail supervisor/es	amparo@ucm.es	
Número de plazas:	2	
Asignación de TFG:	Selección directa ☒	Selección por expediente ☐

Objetivos:

Explorar, conocer y comprender los fundamentos físicos en los que se basan algunas de las técnicas empleadas en el diagnóstico o el tratamiento médico.

Metodología:

- El alumno adquirirá a través de la bibliografía fundamental seleccionada los conocimientos necesarios para desarrollar el trabajo.
- El alumno puede optar por abordar en su trabajo el estudio en profundidad de alguna técnica física concreta empleada en el diagnóstico médico o algunas de ellas interrelacionadas entre sí, o inclusive un análisis de la evolución histórica de estas técnicas empleadas en el diagnóstico médico. También podría centrarse en el estudio de los campos magnéticos y eléctricos en el cuerpo humano, así como en las técnicas de diagnóstico médico asociadas a dichos campos.
- Este trabajo está recomendado para estudiantes de cualquiera de las orientaciones del Grado en Física.

Bibliografía:

- • Ballester, F. y Udías, J.M. (2008), Física Nuclear y Medicina, Real Sociedad Española de Física.
- • Cameron, J.; Skofronick, J. G.; Roderick, M.G. (1999), Physics of the Body (Second edition), Medical Physics Publishing.
- • Cember, H. (1996); Introduction to Health Physics, 3ª ed., McGraw-Hill.
- • Cromer, A.H. (2009), Física para las ciencias de la vida, 2ª ed., Editorial Reverté.
- • Hobbie, R.K. (2007), Intermediate Physics for Medicine and Biology, 4th edition, Springer Science.

- • Jou, D.; Llevot, J.E.; Pérez García, C. (1994), Física para ciencias de la vida, McGraw-Hill Interamericana,
- • Ortuño, M. (1996), Física para biología, medicina, veterinaria y farmacia, Editorial Crítica (Grupo Planeta).
- • Zaragoza, Z.R. (1992); Física e Instrumentación Médica: instrumentación diagnóstica, instrumentación de la imagen, instrumentación terapéutica. Ed. Ediciones Científicas y técnicas.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2022-23



Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	EMFTEL	
TÍTULO:	Aplicación de la Inteligencia Artificial (IA) al ahorro energético: domotización de instalaciones	
TITLE:	Application of Artificial Intelligence (AI) to energy saving: domotization of facilities	
SUPERVISOR/ES:	CARLOS ARMENTA DÉU	
E-mail supervisor/es	cardeu@fis.ucm.es	
NÚMERO DE PLAZAS:	1	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa ☒	Selección por expediente ☐

OBJETIVOS:

Analizar las ventajas del uso de la Inteligencia Artificial aplicada al ahorro energético

Evaluar el ahorro energético mediante el uso de sistemas domóticos

METODOLOGÍA:

1. Identificar los escenarios donde es aplicable la domotización de instalaciones para reducir el consumo de energía
2. Evaluar la capacidad de implantación de sistemas domóticos en los diferentes entornos de la sociedad
3. Diseñar un sistema domotizado de ahorro energético mediante el uso de la Inteligencia Artificial
4. Calcular el ahorro de energía por el uso de sistemas domóticos
5. Realizar un proceso de simulación sobre un escenario tipo y analizar los resultados
6. Evaluar la viabilidad económica de un sistema de Inteligencia Artificial en el sector residencial, comercial e industrial

BIBLIOGRAFÍA:

- Mehmood, M. U., Chun, D., Han, H., Jeon, G., & Chen, K. (2019). A review of the applications of artificial intelligence and big data to buildings for energy-efficiency and a comfortable indoor living environment. *Energy and Buildings*, 202, 109383.
- Farzaneh, H., Malehmirchegini, L., Bejan, A., Afolabi, T., Mulumba, A., & Daka, P. P. (2021). Artificial intelligence evolution in smart buildings for energy efficiency. *Applied Sciences*, 11(2), 763.



- Ngarambe, J., Yun, G. Y., & Santamouris, M. (2020). The use of artificial intelligence (AI) methods in the prediction of thermal comfort in buildings: Energy implications of AI-based thermal comfort controls. *Energy and Buildings*, 211, 109807.
- Yan, B., Hao, F., & Meng, X. (2021). When artificial intelligence meets building energy efficiency, a review focusing on zero energy building. *Artificial Intelligence Review*, 54(3), 2193-2220.
- Lee, D., Huang, H. Y., Lee, W. S., & Liu, Y. (2020). Artificial intelligence implementation framework development for building energy saving. *International Journal of Energy Research*, 44(14), 11908-11929.
- Merabet, G. H., Essaïdi, M., Haddou, M. B., Qolomany, B., Qadir, J., Anan, M., ... & Benhaddou, D. (2021). Intelligent building control systems for thermal comfort and energy-efficiency: A systematic review of artificial intelligence-assisted techniques. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 144, 110969.
- Guo, X., Shen, Z., Zhang, Y., & Wu, T. (2019). Review on the application of artificial intelligence in smart homes. *Smart Cities*, 2(3), 402-420.
- Dounis, A. I. (2010). Artificial intelligence for energy conservation in buildings. *Advances in Building Energy Research*, 4(1), 267-299.
- Sodhro, A. H., Pirbhulal, S., & De Albuquerque, V. H. C. (2019). Artificial intelligence-driven mechanism for edge computing-based industrial applications. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 15(7), 4235-4243.
- Moon, J. W., Jung, S. K., Kim, Y., & Han, S. H. (2011). Comparative study of artificial intelligence-based building thermal control methods—Application of fuzzy, adaptive neuro-fuzzy inference system, and artificial neural network. *Applied Thermal Engineering*, 31(14-15), 2422-2429.
- Wang, Z., & Srinivasan, R. S. (2017). A review of artificial intelligence based building energy use prediction: Contrasting the capabilities of single and ensemble prediction models. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 75, 796-808.

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	EMFTEL	
TÍTULO:	El autoconsumo energético en la sociedad moderna: uso de fuentes renovables. Impacto energético, económico y social	
TITLE:	Energy self-consumption in modern society: use of renewable sources. Energy, economic and social impact	
SUPERVISOR/ES:	CARLOS ARMENTA DÉU	
E-mail supervisor/es	cardeu@fis.ucm.es	
NÚMERO DE PLAZAS:	1	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa ☒	Selección por expediente ☐

OBJETIVOS:

Determinar el balance energético desde el punto de vista de generación y distribución para un sistema con autoconsumo

Evaluar la viabilidad económica de los diferentes sistemas de autoconsumo

Analizar la repercusión a nivel social de la implantación de sistemas de autoconsumo, así como la reducción del impacto ambiental

METODOLOGÍA:

1. Identificar los escenarios donde es aplicable el autoconsumo
2. Asociar a dichos métodos los sistemas y dispositivos actuales
3. Diseñar y dimensionar sistemas eficientes de autoconsumo
4. Plantear posible métodos, sistemas y dispositivos para el futuro que mejoren la eficiencia de los sistemas de autoconsumo
5. Realizar un proceso de simulación sobre un escenario tipo y analizar los resultados
6. Determinar el balance energético de un sistema de autoconsumo
7. Evaluar la viabilidad económica de diferentes sistemas de autoconsumo
8. Estimar el impacto que el resultado de la simulación tendría sobre el medio ambiente

BIBLIOGRAFÍA:

- Sarasa-Maestro, C. J., Dufo-López, R., & Bernal-Agustín, J. L. (2016). Analysis of photovoltaic self-consumption systems. *Energies*, 9(9), 681.



- Bartolini, A., Comodi, G., Salvi, D., & Østergaard, P. A. (2020). Renewables self-consumption potential in districts with high penetration of electric vehicles. *Energy*, 213, 118653.
- Hernández, J. C., Sanchez-Sutil, F., & Muñoz-Rodríguez, F. J. (2019). Design criteria for the optimal sizing of a hybrid energy storage system in PV household-prosumers to maximize self-consumption and self-sufficiency. *Energy*, 186, 115827.
- Keiner, D., Ram, M., Barbosa, L. D. S. N. S., Bogdanov, D., & Breyer, C. (2019). Cost optimal self-consumption of PV prosumers with stationary batteries, heat pumps, thermal energy storage and electric vehicles across the world up to 2050. *Solar Energy*, 185, 406-423.
- Velik, R. (2013). The influence of battery storage size on photovoltaics energy self-consumption for grid-connected residential buildings. *IJARER International Journal of Advanced Renewable Energy Research*, 2(6).
- Tongsopit, S., Junlakarn, S., Wibulpolprasert, W., Chaianong, A., Kokchang, P., & Hoang, N. V. (2019). The economics of solar PV self-consumption in Thailand. *Renewable energy*, 138, 395-408.
- Talavera, D. L., De La Casa, J., Muñoz-Cerón, E., & Almonacid, G. (2014). Grid parity and self-consumption with photovoltaic systems under the present regulatory framework in Spain: The case of the University of Jaén Campus. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 33, 752-771.
- Constantinou, S., Konstantinidis, A., & Zeinalipour-Yazti, D. (2022). Green Planning Systems for Self-Consumption of Renewable Energy. *IEEE Internet Computing*.
- Castillo-Cagigal, M., Gutiérrez, A., Monasterio-Huelin, F., Caamaño-Martín, E., Masa, D., & Jiménez-Leube, J. (2011). A semi-distributed electric demand-side management system with PV generation for self-consumption enhancement. *Energy Conversion and Management*, 52(7), 2659-2666.
- Moshövel, J., Kairies, K. P., Magnor, D., Leuthold, M., Bost, M., Gähns, S., ... & Sauer, D. U. (2015). Analysis of the maximal possible grid relief from PV-peak-power impacts by using storage systems for increased self-consumption. *Applied Energy*, 137, 567-575.
- Zulianello, M., Angelucci, V., & Moneta, D. (2020, September). Energy community and collective self consumption in Italy. In *2020 55th International Universities Power Engineering Conference (UPEC)* (pp. 1-5). IEEE.
- Gallego-Castillo, C., Heleno, M., & Victoria, M. (2021). Self-consumption for energy communities in Spain: A regional analysis under the new legal framework. *Energy Policy*, 150, 112144.
- Roberts, M. B., Bruce, A., & MacGill, I. (2019). Impact of shared battery energy storage systems on photovoltaic self-consumption and electricity bills in apartment buildings. *Applied energy*, 245, 78-95.
- Yu, H. J. J. (2018). A prospective economic assessment of residential PV self-consumption with batteries and its systemic effects: The French case in 2030. *Energy Policy*, 113, 673-687.
- Allouhi, A. (2020). Solar PV integration in commercial buildings for self-consumption based on life-cycle economic/environmental multi-objective optimization. *Journal of Cleaner Production*, 270, 122375.
- Kästel, P., & Gilroy-Scott, B. (2015). Economics of pooling small local electricity prosumers—LCOE & self-consumption. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 51, 718-729.
- Talavera, D. L., Muñoz-Rodríguez, F. J., Jimenez-Castillo, G., & Rus-Casas, C. (2019). A new approach to sizing the photovoltaic generator in self-consumption systems based on cost-competitiveness, maximizing direct self-consumption. *Renewable energy*, 130, 1021-1035.



- Jäger-Waldau, A., Bucher, C., Frederiksen, K. H., Guerra-Lemus, R., Mason, G., Mather, B., ... & Roberts, M. B. (2018, June). Self-consumption of electricity produced from PV systems in apartment buildings-Comparison of the situation in Australia, Austria, Denmark, Germany, Greece, Italy, Spain, Switzerland and the USA. In *2018 IEEE 7th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion (WCPEC)(A Joint Conference of 45th IEEE PVSC, 28th PVSEC & 34th EU PVSEC)* (pp. 1424-1430). IEEE.
- Stephant, M., Hassam-Ouari, K., Abbès, D., Labrunie, A., & Robyns, B. (2018, October). A survey on energy management and blockchain for collective self-consumption. In *2018 7th international conference on systems and control (icsc)* (pp. 237-243). IEEE.
- Fratean, A., & Dobra, P. (2018). Control strategies for decreasing energy costs and increasing self-consumption in nearly zero-energy buildings. *Sustainable cities and society*, 39, 459-475.
- Chatzisideris, M. D., Ohms, P. K., Espinosa, N., Krebs, F. C., & Laurent, A. (2019). Economic and environmental performances of organic photovoltaics with battery storage for residential self-consumption. *Applied Energy*, 256, 113977.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	EMFTEL	
Título:	Sistema de control de consumo de vehículos eléctricos	
Title:	Control system for electric vehicle energy use	
Supervisor/es:	CARLOS ARMENTA DÉU	
E-mail supervisor/es	cardeu@fis.ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa ☒	Selección por expediente ☐

Objetivos:

Diseño de un dispositivo de control para el control del consumo de energía de un vehículo eléctrico a partir de parámetros característicos

Metodología:

1. Determinar los algoritmos de control del consumo energético de un vehículo eléctrico
2. Desarrollar el software de control básico para predecir el consumo en base a las condiciones de operación
3. Diseñar el sistema de control que permita comandar los elementos que regulan el consumo del vehículo eléctrico

Bibliografía:

- Electric and Hybrid Vehicles (2016) Tom Denton. Institute of the Motor Industry. Routledge. Ed. Taylor & Francis
- Hybrid Electric Vehicles: Principles and Applications with practical perspectives (2011) Chris Mi, Abul Msrur and David Wenzhong Gao, Ed. John Wiley
- M.S.Hossain Lipu, M.A.Hannan, Tahia F.Karim, Aini Hussain, Mohamad Hanif Md Saad, Afida Ayob, Md., Sazal Miah, T.M. Indra Mahlia (2021) Intelligent algorithms and control strategies for battery management system in electric vehicles: Progress, challenges and future outlook, Journal of Cleaner Production, Vol.292, 126044
- Matthew Guttenberg, Shashank Sripad, Alexander Bills and Venkatasubramanian Viswanathan (2021) INCEPTS: Software for high-fidelity electric vehicle en route state of charge estimation, fleet analysis and charger deployment, eTransportation, Vol 7, 100106

- Shaobo Xie, Xiaosong Hu, Teng Liu, Shanwei Qi, Kun Lang and Huiling Li (2019) Predictive vehicle-following power management for plug-in hybrid electric vehicles, Energy, Vol.106, pp.701-714



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2022-23



Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	EMFTEL	
TÍTULO:	Hibridación de sistemas de energías renovables en el sector residencial, comercial e industrial: Aerotermia, Geotermia y Fotovoltaica	
TITLE:	Hybridization of renewable energy systems in the residential, commercial and industrial sectors: Aerothermal, Geothermal and Photovoltaic	
SUPERVISOR/ES:	CARLOS ARMENTA DÉU	
E-mail supervisor/es	cardeu@fis.ucm.es	
NÚMERO DE PLAZAS:	1	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa ☒	Selección por expediente ☐

OBJETIVOS:

Evaluar la viabilidad de sistemas híbridos de energía renovables: ventajas e inconvenientes

Identificar diferentes formas de hibridación, incluyendo tipos de fuentes de energía

Determinar las mejoras desde un punto de vista del balance energético y medio ambiental

METODOLOGÍA:

1. Identificar los escenarios donde son aplicables los sistemas híbridos de energías renovables
2. Diseñar diferentes sistemas de hibridación a partir de fuentes de energía renovable
3. Diseñar y dimensionar sistemas eficientes de hibridación
4. Plantear posible métodos, sistemas y dispositivos para el futuro que mejoren la eficiencia de los sistemas de hibridación actualmente en uso
5. Realizar un proceso de simulación sobre un escenario tipo y analizar los resultados
6. Determinar el balance energético de un sistema de hibridación
7. Evaluar la viabilidad económica de diferentes sistemas de hibridación
8. Estimar el impacto que el resultado de la simulación tendría sobre el medio ambiente



BIBLIOGRAFÍA:

- Andreu, A., Berberich, M., Birk, W., Brunner, C., Calderoni, M., Carvalho, M. J., ... & Caviedes, L. L. Main authors.
- Okinda, V. O., & Abungu, N. O. (2015). A review of techniques in optimal sizing of hybrid renewable energy systems.
- Wang, C., Nehrir, H., Lin, F., & Zhao, J. (2010, July). From hybrid energy systems to microgrids: Hybridization techniques, configuration, and control. In *IEEE PES General Meeting* (pp. 1-4). IEEE.
- A.A. Jadallaha,* , D.Y. Mahmooda , Z. Erb and Z.A. Abdulqaedra (2016) Hybridization of Solar/Wind Energy System for Power Generation in Rural Areas, ACTA PHYSICA POLONICA A, Vol. 130, [a130z1p115.pdf \(icm.edu.pl\)](#)
- Koo, J., Park, K., Shin, D., & Yoon, E. S. (2011). Economic evaluation of renewable energy systems under varying scenarios and its implications to Korea's renewable energy plan. *Applied Energy*, 88(6), 2254-2260.
- Fezai, S., Cherif, H., & Belhadj, J. (2021). Hybridization utility and size optimization of a stand-alone renewable energy micro-grid. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 40(3), e13542.
- Mandi, R. P., & Yaragatti, U. R. (2013). Optimal hybridization of renewable energy systems to improve energy efficiency. *Power Research*, 9(4), 521-532.
- Buragohain, S., Mohanty, K., & Mahanta, P. (2021). Hybridization of solar photovoltaic and biogas system: Experimental, economic and environmental analysis. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 45, 101050.
- Rashid, K., Safdarnejad, S. M., Ellingwood, K., & Powell, K. M. (2019). Techno-economic evaluation of different hybridization schemes for a solar thermal/gas power plant. *Energy*, 181, 91-106.
- Babatunde, O. M., Munda, J. L., & Hamam, Y. (2020). A comprehensive state-of-the-art survey on hybrid renewable energy system operations and planning. *IEEE Access*, 8, 75313-75346.
- Lawan, S. M., & Abidin, W. A. W. Z. (2020). A Review of Hybrid Renewable Energy Systems Based on Wind and Solar Energy: Modeling, Design and Optimization. *Wind Solar Hybrid Renewable Energy System*.
- Zebra, E. I. C., van der Windt, H. J., Nhumaio, G., & Faaij, A. P. (2021). A review of hybrid renewable energy systems in mini-grids for off-grid electrification in developing countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 144, 111036.
- Bouguerra, Z., & Benfdila, A. (2021). Comparative Study of Individual and Hybrid Renewable Energy Systems (Photovoltaic, Wind Energy and Hybridization). Controlled by Fuzzy Logic Control. *Journal of Engineering Science & Technology Review*, 14(5).
- Barelli, L., Bidini, G., Cherubini, P., Micangeli, A., Pelosi, D., & Tacconelli, C. (2019). How hybridization of energy storage technologies can provide additional flexibility and competitiveness to microgrids in the context of developing countries. *Energies*, 12(16), 3138.
- Jacobs, T., Nicolas, S., Noh, T. G., Schuelke, A., Auer, H., Schwabeneder, D., ... & Terreros, O. (2018). Case Studies of Energy Grid Hybridization in a Northern European City. *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, 10(3), 1362-1369.
- Pranav, M. S., Karunanithi, K., Akhil, M., Vanan, S. S., Afsal, V. M., & Krishnan, A. (2017, July). Hybrid renewable energy sources (HRES)—A review. In *2017 International Conference on Intelligent Computing, Instrumentation and Control Technologies (ICICT)* (pp. 162-165). IEEE.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Interacciones débiles en núcleos, física de neutrinos y materia oscura	
Title:	Weak interactions in nuclei, neutrino physics and dark matter	
Supervisor/es:	Óscar Moreno Díaz	
E-mail supervisor/es	osmoreno@ucm.es	
Número de plazas:	2	
Asignación de TFG:	Selección directa ☒	Selección por expediente ☐

Objetivos:

Según los intereses del estudiante, algunos de los objetivos en cuanto al contenido pueden ser:

- Introducción a la interacción débil y fenómenos nucleares asociados: desintegraciones beta, dispersión de leptones por núcleos y factores electromagnéticos nucleares, violación de paridad.
- Introducción a la física de neutrinos: matriz de mezcla, oscilaciones, neutrinos estériles, interacciones con núcleos.
- Introducción a las evidencias de materia oscura y estudio de posibles candidatos con interacciones de tipo débil.

Los objetivos procedimentales básicos son:

- Búsqueda y consulta de referencias científicas especializadas.
- Realización de cálculos analíticos o numéricos para reproducir algunos de los fenómenos ya conocidos o para calcular casos nuevos.
- Presentación técnica y divulgativa de resultados y conclusiones.

Metodología:

En primer lugar, el estudiante se familiarizará con la teoría de la interacción débil en general a partir de libros de texto de física de partículas y de física nuclear. A continuación, elegirá algún fenómeno concreto relacionado con esa interacción y profundizará en él, empleando libros de texto y artículos científicos.

Dependiendo de la orientación elegida por el estudiante, se podrán realizar cálculos analíticos o numéricos, analizarlos y presentarlos.

Finalmente, se elaborará un trabajo escrito y una presentación oral que constarán de una introducción teórica concisa, redactada según la comprensión del tema alcanzada por el estudiante, una explicación de los cálculos o análisis realizados, las principales conclusiones y una lista de las referencias consultadas.

Bibliografía:

- Libros de texto:

- W. S. C. Williams, *Nuclear and Particle Physics*, Oxford University Press.
- K. Krane, *Introductory Nuclear Physics*, Wiley.
- T. W. Donnelly, J. A. Formaggio, B. R. Holstein, R. G. Milner, B. Surrow, *Foundations of Nuclear and Particle Physics*, Cambridge University Press.
- C. Burgess, G. Moore, *The Standard Model: A primer*, Cambridge University Press.
- D. Griffiths, *Introduction to Elementary Particles*, Wiley.
- F. Halzen, A. D. Martin, *Quarks and Leptons*, Wiley.
- K. Grotz, H. V. Klapdor, *The Weak Interaction in Nuclear, Particle and Astrophysics*, Adam Hilger.
- F. Boehm, P. Vogel, *Physics of Massive Neutrinos*, Cambridge University Press.

- Artículos (en función de la orientación elegida para el trabajo):

- O. Moreno, E. Moya de Guerra, M. Ramón-Medrano, Adv. High Ener. Phys. 2016, 6318102 (2016). 'Warm dark matter sterile neutrinos in electron capture and beta decay spectra'.
- H. J. de Vega, O. Moreno, E. Moya de Guerra, M. Ramón Medrano, N. G. Sánchez, Nucl. Phys. B 866, 177 (2013). 'Role of sterile neutrino warm dark matter in rhenium and tritium beta decays'.
- P. Sarriguren, O. Moreno, E. Moya de Guerra, Adv. High Ener. Phys. 2016, 6391052 (2016). 'Nuclear structure calculations for two-neutrino double-beta decay'.
- O. Moreno, T. W. Donnelly, Phys. Rev. C 92, 055504 (2015). 'Unified approach to electron and neutrino elastic scattering off nuclei with an application to the study of the axial structure'.
- O. Moreno, T. W. Donnelly, Phys. Rev. C 89, 015501 (2014). 'Nuclear structure uncertainties in parity-violating electron scattering from carbon 12'.
- O. Moreno, T. W. Donnelly, R. González-Jiménez, J. A. Caballero, J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. 42, 034006 (2014). 'Evaluation of theoretical uncertainties in parity-violating electron scattering from nucleons and nuclei'.
- P. Sarriguren, D. Merino, O. Moreno, E. Moya de Guerra, D. N. Kadrev, A. N. Antonov, M. K. Gaidarov. Phys. Rev. C 99, 034325 (2019). 'Elastic magnetic electron scattering from deformed nuclei'.
- B. Hernández, P. Sarriguren, O. Moreno, E. Moya de Guerra, D. N. Kadrev, A. N. Antonov, Phys. Rev. C 103, 014303 (2021). 'Nuclear shape transitions and elastic magnetic electron scattering'.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Econofísica: movimiento browniano y mercados financieros.	
Title:	Econophysics: Brownian motion and financial markets.	
Supervisor/es:	Juan Manuel Rodríguez Parrondo	
E-mail supervisor/es	parrondo@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa ☒	Selección por expediente ☐

Objetivos:

- Estudiar cómo se pueden aplicar modelos estocásticos al movimiento browniano y a la dinámica de mercados financieros y productos derivados.
- Analizar el precio de algún producto derivado y su subyacente utilizando datos reales.

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).
- 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 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Departamento de Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Neuroestimulación eléctrica transcraneal soportada por sistemas de simulación cerebral basados en <i>modelos de masas neuronales</i> .	
Title:	Transcranial electrical neurostimulation informed by <i>neural mass model</i> -based brain simulation systems.	
Supervisor/es:	Gianluca Susi	
E-mail supervisor/es	gsusi@ucm.es	
Número de plazas:	2	
Asignación de TFG:	Selección directa ☒	Selección por expediente ☐

Objetivos:

Los *modelos de masas neuronales* (MMN) representan una herramienta computacionalmente eficiente para simular la actividad neurofisiológica de regiones cerebrales individuales. Los MMN, que interconectados sobre la base de datos anatómicos reales permiten sintetizar *modelos de cerebro completo*, son cada vez más usados para el diseño de protocolos personalizados de neuroestimulación [1, 2, 3].

Objetivo de este trabajo será 1) una revisión bibliográfica sobre los trabajos de neuroestimulación eléctrica transcraneal soportados por sistemas de simulación cerebral basados en MMN, 2) la implementación vía software de uno de los modelos de interés y 3) su uso con datos cerebrales reales.

Metodología:

- Revisión bibliográfica sobre trabajos de neuroestimulación eléctrica transcraneal soportados por sistemas de simulación cerebral basados en MMN
- Implementación de uno de los modelos presentes en la literatura
- Simulación de la neuroestimulación usando: datos cerebrales reales, un modelo de propagación del campo eléctrico, y el modelo de actividad cerebral basado en MMN implementado.

Se usará software de código abierto, tanto para el modelo de propagación como para el modelo de actividad cerebral.

Bibliografía:

[1] Merlet I, Birot G, Salvador R, Molaee-Ardekani B, Mekonnen A, et al. (2013). From

Oscillatory Transcranial Current Stimulation to Scalp EEG Changes: A Biophysical and Physiological Modeling Study. PLOS ONE 8(2): e57330.

- [2] Cabrera-Alvarez J, Susi G, Sanchez-Claro J, Carrasco M, Del Cerro A et al. (2021). A computational model to guide the functional decoupling of two brain regions with transcranial alternating current stimulation. Brain Stimulation: Basic, Translational, and Clinical Research in Neuromodulation, 14 (6), 1613.

- [3] <https://www.thevirtualbrain.org/tvb/zwei>



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	ESTRUCTURA DE LA MATERIA, FÍSICA TÉRMICA Y ELECTRÓNICA	
Título:	Estructuras disipativas en la naturaleza	
Title:	Dissipative structures in the nature.	
Supervisor/es:	Vicenta María Barragán García	
E-mail supervisor/es	vmabarra@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa ☒	Selección por expediente ☐

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 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	ESTRUCTURA DE LA MATERIA, FÍSICA TÉRMICA Y ELECTRÓNICA	
Título:	Fenómenos de transporte en materiales poliméricos: un estudio experimental	
Title:	Transport phenomena in polymeric materials: an experimental study	
Supervisor/es:	Vicenta María Barragán García	
E-mail supervisor/es	vmabarra@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa ☒	Selección por expediente ☐

Objetivos:

Los materiales poliméricos son la base de muchas aplicaciones tecnológicas, por lo que su caracterización es un campo de enorme interés, tanto desde un punto de vista práctico, como teórico. Típicamente, la caracterización de estos materiales se realiza mediante el estudio de propiedades de equilibrio y de transporte que implican el desarrollo de modelos teóricos adecuados.

Se pretende que el alumno se familiarice con algunas de las técnicas de caracterización, así como con el análisis riguroso de resultados experimentales y la interpretación de los mismos. El alumno podrá elegir entre una variedad de resultados experimentales, referidos a diferentes fenómenos de transporte, sobre los que tendrá que realizar el correspondiente estudio en el marco teórico adecuado.

En todos los casos, el alumno deberá entender el problema y su estado actual. Se recomienda que los alumnos tengan conocimientos de Termodinámica del No Equilibrio.

Metodología:

- Revisión bibliográfica del estado del arte de los procesos a estudiar.
- Adquisición de los conocimientos teóricos fundamentales sobre los fenómenos de transporte seleccionados.
- Adquisición de los conocimientos fundamentales sobre el método de medida.
- Análisis de los resultados experimentales en el marco teórico correspondiente.

Bibliografía:

-S. Kjelstrup, Dick Bedeaux. "Non-equilibrium thermodynamics of heterogeneous systems". Series on Advances in Statistical Mechanics, Vol.16, World Scientific, 2008.

-J. A. Ibañez Mengual. "Fundamentos de los procesos de transporte y separación en membranas". Universidad de Murcia, 1989.

Puesto que parte de la metodología que se pretende seguir es la búsqueda bibliográfica, en principio se le recomiendan al alumno las referencias indicadas a modo informativo, así como consultar la bibliografía de la asignatura del Grado en Física Termodinámica del no equilibrio. Se le proporcionará bibliografía adicional una vez iniciado el trabajo.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	ESTRUCTURA DE LA MATERIA, FÍSICA TÉRMICA Y ELECTRÓNICA	
Título:	Producción de entropía y conversión energética	
Title:	Entropy production and energy conversion	
Supervisor/es:	Vicenta María Barragán García	
E-mail supervisor/es	vmabarra@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa ☒	Selección por expediente ☐

Objetivos:

La eficiencia de los procesos de conversión energética está limitada por el segundo principio de la termodinámica. Los procesos irreversibles implicados en la conversión entre diferentes tipos de energía pueden ser analizados utilizando el formalismo de la termodinámica del no equilibrio. El objetivo que se plantea es conocer y comprender el formalismo de la termodinámica del no equilibrio implicado en los procesos de conversión energética y analizar estos últimos desde el punto de vista de la producción de entropía.

Metodología:

- Analizar de forma general los procesos de conversión energética desde el punto de vista de la producción de entropía.
- Selección, por parte del alumno, de un proceso concreto de conversión energética.
- Aplicar el estudio general al caso concreto seleccionado.

Bibliografía:

Se recomienda consultar la bibliografía de las asignaturas del Grado en Física relacionadas con el tema propuesto, Termodinámica y Termodinámica del no equilibrio.

- R. Haase. Thermodynamics of Irreversible Processes, (Dover, London). 1990.
- Non-Equilibrium Thermodynamics for engineers. S. Kjelstrup, D. Bedeaux, E. Johannessen. L. Gros, Word Scientific, 2010.
- Lebon, G., Jou, D., Casas-Vázquez, J. Understanding Non-Equilibrium Thermodynamics: Foundations, Applications, Frontiers. (Springer-Verlag, Berlin). 2008.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2022-23



Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	EMFTEL	
TÍTULO:	Determinación de la radiosensibilidad de diferentes células cancerígenas pancreáticas para haces de fotones	
TITLE:	Determination of the radiosensitivity of different pancreatic cancer cell lines for photon beams	
SUPERVISOR/ES:	Daniel Sánchez Parcerisa.	
E-mail supervisor/es	dsparcerisa@ucm.es	
NÚMERO DE PLAZAS:	1	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa ☒	Selección por expediente ☐

OBJETIVOS:

El proyecto trata de estudiar la radiosensibilidad de células de cáncer de páncreas (obtenidas de líneas comerciales) compilando datos de la literatura, a partir de un estudio inicial que muestra una heterogeneidad considerable en las curvas de supervivencia obtenidos por distintos autores.

METODOLOGÍA:

Recolección y digitalización de datos de supervivencia en ensayos clonogénicos de distintas líneas de cancer de pancreas (MiaPaca-2, PANC-1, Capan-2, etc) mediante WebPlotDigitizer o similar.

Desarrollo de funciones en MATLAB para determinar las constantes alfa y beta del modelo linear cuadrático, así como el estudio de otros posibles modelos.

BIBLIOGRAFÍA:

van Leeuwen CM, Oei AL, Crezee J, Bel A, Franken NAP, Stalpers LJA, Kok HP. The alfa and beta of tumours: a review of parameters of the linear-quadratic model, derived from clinical radiotherapy studies. Radiat Oncol. 2018 May 16;13(1):96. doi: 10.1186/s13014-018-1040-z. PMID: 29769103; PMCID: PMC5956964.

McMahon SJ. The linear quadratic model: usage, interpretation and challenges. Phys Med Biol. 2018 Dec 19;64(1):01TR01. doi: 10.1088/1361-6560/aaf26a. PMID: 30523903.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Nanoestructuras poliméricas para aplicaciones biomédicas	
Title:	Electrospun polymeric nanostructures for biomedical applications	
Supervisor/es:	Carmen García Payo y Loreto García Fernández	
E-mail supervisor/es	mcgpayo@ucm.es loreto.garcia@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa ☒	Selección por expediente ☐

Objetivos:

“Electrospinning” o electrohilatura es una técnica simple, rápida y fácil de escalar para producir materiales funcionales basados en micro/nanofibras poliméricas con alta relación superficie-volumen y porosidad ajustable. Esta técnica puede utilizarse para producir nanofibras sensibles a estímulos que reaccionan activamente a cambios en el entorno circundante, que se traducen en cambios significativos en sus propiedades morfológicas y químicas. La combinación de membranas nanofibrosas y nanopartículas biocompatibles (TiO_2 , ZnO, Ag, nanotubos de carbono, hidroxiapatita,...) producen un sistema compuesto flexible que puede utilizarse en aplicaciones biomédicas como ingeniería de tejidos, liberación de fármacos, nano-vendas antibactericidas, etc.

En “electrospinning” se utiliza alto voltaje para crear un campo eléctrico entre una disolución polimérica y una placa recolectora (generalmente metálica). Un electrodo, de la fuente de alto voltaje, está en contacto con la disolución polimérica y el otro está en contacto con el colector, el cual se encuentra conectado a tierra. De esta manera se crea un campo electrostático entre ambos. Cuando el voltaje se incrementa, el campo eléctrico se intensifica provocando una fuerza, debida a efectos de polarización y carga, que hace que la disolución polimérica sea arrojada en forma de “jet” hacia el electrodo opuesto hasta una distancia de entre 5 y 30 cm de la aguja. Durante la creación del chorro de la disolución polimérica (“jet”), el disolvente gradualmente se evapora obteniendo una membrana compuesta de nanofibras con diámetros entre 50 nm y 10 μm y con una orientación aleatoria.

Una amplia gama de polímeros sintéticos biocompatibles como policaprolactona (PCL), ácido poliláctico (PLA), ácido poliglicólico (PGA) y poliuretano (PU), y polímeros naturales como

colágeno, gelatina y el quitosano se han utilizado para fabricar estructuras nanofibrasas utilizando técnica de electrohilado.

Por ejemplo, el quitosano es un polímero natural con un gran potencial en numerosos campos: biomédico, biológico, y muchas aplicaciones industriales como el tratamiento de aguas residuales debido al hecho de que pueden absorber muchos cationes metálicos.

Metodología:

- Revisión bibliográfica del estado del arte en membranas nanofibrasas de biopolímeros para aplicaciones biomédicas.
- Adquisición de conocimientos fundamentales sobre la técnica de electrohilatura.
- Posibilidad de realizar el trabajo experimental, fabricando membranas nanofibrasas para la liberación de fármacos.

Bibliografía:

- M.Z. Elsabee, H.F. Naguib, R.E. Morsi. "Chitosan based nanofibers, review" *Materials Science and Engineering C* 32 (2012) 1711–1726.
- K. Sun, Z.H. Li, "Preparations, properties and applications of chitosan based nanofibers fabricated by electrospinning". *Express Polymer Letters* 5 (4) (2011) 342-361
- C. Mouro, R. Fanguero, I.C. Gouveia, Y.C. Yortsos, A.K. Stubos, "Preparation and Characterization of Electrospun Double-layered Nanocomposites Membranes as a Carrier for Centella asiatica (L.)" *Polymers* 12 (11) (2020).
- S. Geiger, K.S. Schmid, Y. Zaretskiy, "Chitosan films and scaffolds for regenerative medicine applications: A review" *Carbohydrate Polymers* 273 (2021).
- F. Galiano, K. Briceño, T. Marino, A. Molino, K.V. Christensen, A. Figoli, "Advances in biopolymer-based membrane preparation and applications" *Journal of Membrane Science* 564 (2018) 562-586.

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 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Física de las células solares: contactos pasivantes selectivos.	
Title:	Physics of solar cells: passivating selective contacts.	
Supervisor/es:	Enrique San Andrés Serrano	
E-mail supervisor/es	esas@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa ☒	Selección por expediente ☐

Objetivos:

El campo de las energías renovables en general, y de los sistemas fotovoltaicos en particular, es de gran actualidad, dada la grave crisis climática a la que nos enfrentaremos en un futuro cercano de no corregirse la tendencia actual de emisiones crecientes de CO₂. Esta posibilidad de crisis junto con la reducción de costes de las energías renovables está produciendo un crecimiento exponencial de la capacidad fotovoltaica instalada mundial. España es uno de los países con mayor crecimiento, dado nuestro excelente recurso solar y la reciente eliminación de gran parte de las trabas regulatorias.

En el marco de este campo, en este trabajo fin de grado se pretende que el alumno aplique los conocimientos adquiridos durante el Grado en Física para introducirse en el campo de la **física y tecnología de las células fotovoltaicas**. Para ello se propone un Trabajo Fin de Grado con varios puntos:

1. Estudiar el efecto fotovoltaico desde el punto de vista de los principios físicos fundamentales.
2. Conocer las tendencias tecnológicas en la investigación actual sobre células fotovoltaicas con contactos selectivos pasivantes.
3. Realizar una simulación básica de una célula fotovoltaica, que permita afianzar el conocimiento de los fundamentos físicos de las células fotovoltaicas.

Para el correcto desarrollo de este trabajo es necesario una fuerte vocación aplicada, y además es altamente recomendable cursar o haber cursado las asignaturas "Electrónica Física" y "Dispositivos Electrónicos y Nanoelectrónica".

Metodología:

- 1.- Estudio de libros y publicaciones sobre células fotovoltaicas.
- 2.- Realización de una síntesis de la física de las células fotovoltaicas.
- 3.- Una vez adquiridos los conocimientos básicos necesarios, simulación de una célula fotovoltaica que permita comprobar los principios físicos del efecto fotovoltaico.

Bibliografía:

- 1.- U. Würfel, A. Cuevas y P. Würfel, "Charge Carrier Separation in Solar Cells," IEEE Journal of Photovoltaics, 5(1), pp. 461-469, 2015, 10.1109/JPHOTOV.2014.2363550.
- 2.- P. Würfel, U. Würfel. "Physics of solar cells. From Principles to New Concepts". 3ª edición. Wiley, 2016.
- 3.- T. Markvart, L. Castañer "Practical Handbook of Photovoltaics: Fundamentals and Applications". Elsevier, 2003.
- 4.- T. Allen, J. Bullock, X. Yant, *et al.* "Passivating contacts for crystalline silicon solar cells". Nature Energy, 4(11), pp. 914-928, 2019. 10.1038/s41560-019-0463-6.

Esta es una bibliografía inicial que se podrá actualizar y ampliar durante el desarrollo del trabajo.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Creciendo y evolucionando en ambientes fluctuantes	
Title:	Growing and evolving in a fluctuating environment	
Supervisor/es:	Luis Dinis y Francisco J. Cao	
E-mail supervisor/es	ldinis@ucm.es , francao@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa ☒	Selección por expediente ☐

Objetivos:

El efecto “bet-hedging” [1] o cobertura de apuestas en biología establece que, en medioambientes con fuertes fluctuaciones, puede ser beneficioso sacrificar algo de tasa de crecimiento instantánea por un mayor crecimiento a largo plazo.

En una colonia bacteriana, se ha modelado teóricamente que una mayor tasa de crecimiento puede conllevar también una cantidad mayor de fluctuaciones. Este efecto también se ha observado en las carreras de caballos de Kelly [2,3], un modelo simplificado proveniente de la teoría de la información.

Estas mayores fluctuaciones pueden suponer un riesgo cuando se combinan con la posibilidad de extinción, y podría darse el caso paradójico de que una menor tasa de crecimiento resulte beneficiosa a largo plazo en entornos fluctuantes. Esto puede estar relacionado con fenómenos como la resistencia a antibióticos o fármacos.

Aunque existen resultados en el límite de grandes poblaciones, un tratamiento adecuado del problema de extinción necesita una simulación puramente estocástica. El primer objetivo de este trabajo es desarrollar dicha simulación y comprobar la existencia y magnitud del efecto.

Por otro lado, se pretende también desarrollar un modelo evolutivo, en el que algunos parámetros sean hereditarios, y estudiar la tasa de crecimiento global de la colonia en el estado estacionario. Este modelo podría arrojar luz sobre el concepto de “fitness” como tasa de crecimiento u otras alternativas.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



Metodología:

El grueso del trabajo consistirá en realizar simulaciones por ordenador de diferentes modelos de crecimiento poblacional en presencia de entornos fluctuantes. Para ello será preciso revisar bibliografía sobre los diversos modelos y realizar las simulaciones correspondientes, analizando la probabilidad de extinción. El plan consiste en la simulación al menos de dos modelos, uno no evolutivo pero con extinción y otro evolutivo.

Son por tanto recomendables conocimientos de algún lenguaje de programación, sea Matlab o Python o similar.

Bibliografía:

[1] E. Levien, J. Min, J Kondev, A. Amir, Reports on Progress in Physics, 84,116601. Non-genetic variability in microbial populations: survival strategy or nuisance?

[2] John L. Kelly, "A New Interpretation of Information Rate", Bell System Technical Journal. 35 (4): pp. 917–926, 1956

[3] L. Dinis, J. Unterberger and D. Lacoste, Europhys. Lett. 131, 60005 (2020), "Phase transitions in optimal betting strategies".



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Inteligencia artificial aplicada a física de astropartículas: introducción a las técnicas de aprendizaje profundo	
Title:	Artificial intelligence applied to astroparticle physics: introduction to deep learning techniques	
Supervisor/es:	Daniel Nieto Castaño	
E-mail supervisor/es	d.nieto@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa ☒	Selección por expediente ☐

Objetivos:

La aparición de nuevos modelos de redes neuronales y la multiplicación de la potencia de cálculo disponible están dando un nuevo impulso a las técnicas de inteligencia artificial conocidas como aprendizaje profundo (deep learning).

Este trabajo busca que la/el alumna/o conozca las bases de estas técnicas, su actual aplicación en el campo de la física experimental y que las aplique en algunos ejemplos sencillos dentro del marco de la física de astropartículas. Los telescopios Cherenkov detectan de forma indirecta rayos gamma de altas energía de origen extraterrestre. Este tipo de telescopios funciona detectando imágenes de las cascadas de partículas generadas como consecuencia de la absorción atmosférica de dichos rayos gamma. Otros tipos de partículas (en su mayoría núcleos de Hidrógeno y Helio) llamados de forma genérica rayos cósmicos, también inciden en la atmósfera terrestre, generando cascadas muy similares. Inferir las propiedades de la partícula causante de estas cascadas a partir de las imágenes capturadas por los telescopios es una pieza fundamental para el funcionamiento de estos instrumentos. Este trabajo pretende explorar el potencial de las técnicas de *deep learning* al problema de reconstrucción de sucesos de telescopios Cherenkov.

Metodología:

Se proporcionará al/a la alumno/a bibliografía básica sobre los fundamentos de las técnicas de *deep learning* y el estado del arte, así como sobre el software libre utilizado para en el campo.

Se dispone asimismo de ordenadores equipados con hardware y software específicos para acelerar el entrenamiento de sistemas de redes neuronales, donde se realizarán aplicaciones sencillas.

Finalmente, el/la alumno/a tendrá que redactar una memoria del trabajo realizado siguiendo el procedimiento y las reglas de estilo de la literatura científica.

Posteriormente deberá presentarlo públicamente siguiendo también la metodología habitual en la exposición oral de trabajos científicos.

Bibliografía:

- Nieto et al., Reconstruction of IACT events using deep learning techniques with CTLearn, XXX ADASS Conference
<https://arxiv.org/abs/2101.07626>
- LeCunn et al., *Deep Learning*, Nature 521, 436-444 (2015)
<http://www.nature.com/nature/journal/v521/n7553/full/nature14539.html>
- Goodfellow et al., *Deep Learning*, MIT Press (2016)
<https://www.deeplearningbook.org/>
- <https://github.com/ctlearn-project/ctlearn>
- <https://www.cta-observatory.org/>



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Búsquedas de materia oscura	
Title:	Dark matter searches	
Supervisor/es:	Daniel Nieto Castaño	
E-mail supervisor/es	d.nieto@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa ☒	Selección por expediente ☐

Objetivos:

La materia oscura es uno de los ingredientes fundamentales en el modelo que mejor explica nuestro Universo. Desde hace más de 80 años se han ido acumulando evidencias observacionales que indican que la mayor parte de la masa de Universo no emite ni absorbe radiación, a diferencia de lo que ocurre con la materia ordinaria. Sin embargo, todavía se desconoce de qué *está hecha* esa materia oscura. La identificación de la naturaleza de la materia oscura es, por lo tanto, una de las obligaciones más urgentes de la Física y, consecuentemente, uno de los campos de investigación más activos.

El/la alumno/a que elija este trabajo tendrá la oportunidad de adquirir una comprensión general del paradigma de la materia oscura, o centrarse en algunas de las técnicas específicas para su búsqueda, en las que el Grupo de Física de Altas Energías de la UCM está implicado.

Metodología:

La/el alumna/o elegirá para su trabajo, de entre las distintas posibilidades mencionadas, aquella en la que esté más interesado, definiendo el alcance y la orientación, es decir, los aspectos concretos en los que centrará el trabajo. Las actividades formativas pasarán desde las tutorías personalizadas hasta la asistencia de seminarios específicos. Una herramienta fundamental para la realización del TFG es la bibliografía. Aparte de la general listada más abajo, será necesario buscar y consultar artículos que describan de manera adecuada al nivel de conocimientos previos del alumno, los últimos avances en el campo objeto de estudio.

Finalmente, el/la alumno/a tendrá que redactar una memoria del trabajo realizado siguiendo el procedimiento y las reglas de estilo de la literatura científica. Posteriormente deberá presentarlo públicamente siguiendo también la metodología habitual en la presentación oral de trabajos científicos.

Bibliografía:

- Dark matter evidence, particle physics candidates and detection methods, L. Bergström.
DOI: 10.1002/andp.201200116

<http://arxiv.org/abs/1205.4882>

- *Particle dark matter: evidence, candidates and constraints*, Gianfranco Bertone, Dan Hooper, Joseph Silk, Physics Reports.

DOI: 10.1016/j.physrep.2004.08.031

<http://arxiv.org/abs/hep-ph/0404175>

- <https://www.gae.ucm.es/>
- <https://www.cta-observatory.org/>
- <https://veritas.sao.arizona.edu/>
- <https://magic.mpp.mpg.de/>



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2022-23



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	EMFTEL	
Título:	Hardware y software de código abierto aplicado a la espectroscopía atómica y molecular	
Title:	Open source hardware and software applied to atomic and molecular spectroscopy	
Supervisor/es:	Francisco Blanco Ramos	
E-mail supervisor/es	pacobr@ucm.es	
Número de plazas:	2	
Asignación de TFG:	Selección directa ☒	Selección por expediente ☐

Objetivos:

El estudiante colaborará en la evaluación de las posibilidades del uso de software desarrollado en lenguaje python y hardware controlado por microcontroladores arduino, para el control y toma de datos de los espectrómetros utilizados en el laboratorio de prácticas de la asignatura Física Atómica y Molecular.

Metodología:

El estudiante recibirá formación en programación del software y hardware utilizado, así como en la instrumentación habitual en espectroscopía atómica. Se requiere que el estudiante tenga conocimientos básicos en programación.

Bibliografía:

Building Scientific Apparatus, J.H. Moore, C.C. Davis, M.A. Coplan, 4th Edition, 2009
Anne P. Thorne Spectrophysics (Chapman and Hall)
<https://docs.python.org/3/tutorial/>
Arduino Programming Notebook, Brian W. Evans



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Bajas temperaturas y su medición	
Title:	Low temperature and its measurement	
Supervisor/es:	Carmen García Payo y Francisco J. Franco	
E-mail supervisor/es	mcgpayo@ucm.es fjfranco@fis.ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa ☒	Selección por expediente ☐

Objetivos:

La temperatura es una magnitud física intuitiva, por su relación con las sensaciones fisiológicas de frío y caliente, pero difícil de acceder a su medida directa. De hecho, la temperatura está relacionada con la energía media de las moléculas de un cuerpo, por lo que es inaccesible a la observación directa y debe medirse indirectamente por la relación entre la temperatura y otras propiedades físicas de la materia.

El concepto de temperatura se introduce haciendo uso del Principio Cero de la Termodinámica de forma empírica, pero necesitamos el segundo principio de la Termodinámica para definir la temperatura como un factor integrante.

Aunque es posible una definición de la temperatura independiente de la sustancia que constituye el termómetro (escala termodinámica de temperaturas) en la práctica se utiliza la escala internacional de temperaturas, establecida por el Comité Internacional de Pesos y Medidas, cuya última versión es la de 1990 (ITS-90, International Temperature Scale, 1990).

El objetivo de este trabajo es que el alumno adquiera un conocimiento profundo sobre el concepto de temperatura, tipos de termómetros y consideraciones a la hora de realizar una medida de baja temperatura con precisión. El alumno podrá elegir realizar el trabajo desde el punto de vista teórico como experimental en alguno de los siguientes temas:

- Tipos de termómetros y condiciones de medida con precisión
- Medida de la temperatura próxima al cero absoluto
- Medida de temperatura en sistemas cuánticos (termómetros cuánticos)
- Puntos cuánticos como termómetros

Metodología:

- Revisión bibliográfica del concepto de temperatura y su medición.

- Adquisición de conocimientos fundamentales sobre el principio cero y segundo principio de la termodinámica.
- Adquisición de conocimientos sobre la medición de temperaturas próximas al cero absoluto.

Bibliografía:

- S. Velasco, C. Fernández Pineda, *Sobre la medida de la temperatura* Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, ISSN 1137-2141, 99(2), 2005, 337-353
- T.D. Kieu, *Principle of Unattainability of absolute zero temperature, the Third Law of Thermodynamics, and projective quantum measurements* Physics Letters A, 383, 2019. Article 125848
- G. Machin, B.K. Tsai, Chapter 2 *Temperature Fundamentals* Experimental Methods in the Physical Sciences, 42, 2009, 29-71
- J. Ekin, *Experimental techniques for low-temperature measurements: cryostat design, material properties and superconductor critical-current testing*. 2006. Oxford University Press.
- F. Haupt, A. Imamoglu, M. Kroner, *Single Quantum Dot as an Optical Thermometer for Millikelvin Temperatures* Phys. Rev. Applied 2: 024001, 2014
- R. Olf, F. Fang et al. *Thermometry and cooling of a Bose gas to 0.02 times the condensation temperature*, Nature Physics, 11, 2015, 720-723.
- G. Ventura and S. Giomi, *A Simple Method to Extend the Range of Low Temperature Resistance Thermometers* International Journal of Thermophysics 40 (2), 2019

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 2022-23



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	EMFTEL	
Título:	Hadronterapia con haces de helio	
Title:	Helium beam hadrontherapy	
Supervisor/es:	Daniel Sánchez Parcerisa	
E-mail supervisor/es	dsparcerisa@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa ☒	Selección por expediente ☐

Objetivos:

La hadronterapia es el empleo de haces de iones para el tratamiento del cáncer. Habitualmente se utilizan protones, pero en algunos centros se emplean también iones de carbono, con mayor eficacia radiobiológica pero que implican un mayor coste. Recientemente se está explorando la capacidad de tratar con haces de helio, lo que supone un compromiso entre ambas modalidades. El trabajo tratará de explicar las posibles ventajas de esta modalidad y estimar si sería posible y/o conveniente su implantación.

Metodología:

Se trata de un trabajo descriptivo a partir del análisis de la literatura existente, que podrá completarse con la aplicación de modelos de coste o simulación sencilla de haces mediante Monte Carlo.

Bibliografía:

Mairani, A., Mein, S., Blakely, E. A., Debus, J., Durante, M., Ferrari, A., ... & Weber, U. (2022). Roadmap: helium ion therapy. *Physics in Medicine & Biology*.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Inteligencia Artificial en Imagen Médica	
Title:	Artificial Intelligence in Medical Imaging	
Supervisor/es:	Joaquín López Herraiz	
E-mail supervisor/es	jlopezhe@ucm.es	
Número de plazas:	2	
Asignación de TFG:	Selección directa ☒	Selección por expediente ☐

Objetivos:

Familiarizarse con las principales herramientas de Inteligencia Artificial basadas en Machine Learning y Deep Learning. Estudio de sus aplicaciones en física para generar modelos más generales de los actualmente empleados. Realizar algunos modelos simples con Deep Learning aplicados a Imágenes de Física Médica.

Metodología:

1. Revisión de trabajos recientes sobre Deep Learning y sus aplicaciones en Física.
2. Aprendizaje del manejo de las herramientas necesarias para el trabajo: Tensorflow, Python, y modelos estadísticos básicos.
3. Participación en actividades formativas específicas para los TFG, directrices para la elaboración del trabajo y de la presentación, participación en seminarios.
4. Aplicación en de estas técnicas para diversos problemas de imagen médica, (reconstrucción de imagen, detección de lesiones, clasificación), usando datos e imágenes de CT, MRI, PET y Ultrasonidos.
5. Desarrollo del tema de estudio.
6. Redacción y revisión del trabajo.
7. Exposición de los trabajos antes de la presentación y defensa.

Bibliografía:

- Proyecto X-COV: <http://www.tomografia.es>
- Deep learning in medical imaging and radiation therapy – B. Sahiner et al. (2018) <https://doi.org/10.1002/mp.13264>



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
TÍTULO:	Física de Astropartículas	
TITLE:	Astroparticle Physics	
SUPERVISOR/ES:	Juan Abel Barrio Uña	
E-MAIL SUPERVISOR/ES:	barrio@gae.ucm.es	
NÚMERO DE PLAZAS:	2	
Asignación de TFG:	Selección directa ☒	Selección por expediente ☐

OBJETIVOS:

La Física de Astropartículas tiene como objetivo por un lado entender la estructura y evolución del Universo a partir de la información que nos proporciona la Física de Partículas Elementales. Por otro lado pretende aprovechar observaciones de tipo Astrofísico para obtener información sobre Física Fundamental. Ello se debe a que en el Universo se dan los fenómenos más violentos y energéticos que conocemos y que involucran interacciones de partículas a energías muy superiores a las que se pueden conseguir con aceleradores. Actualmente esta rama de la Ciencia incluye los campos tan diversos como la Astronomía de Rayos gamma, la Física de rayos cósmicos, las ondas gravitacionales, la materia oscura, etc.

El alumno que elija este trabajo tendrá la oportunidad de profundizar en algunos de estos campos:

- *Materia Oscura*: Evidencias observacionales indican que la mayor parte de la masa de Universo no emite radiación a diferencia de lo que ocurre con la materia cósmica conocida. La búsqueda directa o indirecta de materia oscura y la identificación de su naturaleza es hoy día uno de los campos de investigación más activos en la Física de Astropartículas.
- *Astronomía de Rayos Gamma*: La astronomía de rayos gamma nos permite identificar y estudiar con detalle los aceleradores cósmicos en donde se producen procesos de alta energía aún no entendidos que dan lugar a la emisión de la radiación cósmica. También nos permite estudiar el medio intergaláctico que atraviesan los rayos gamma desde sus fuentes de emisión hasta la tierra), y así caracterizar la Invariancia Lorentz a escalas cosmológicas, la Luz de Fondo Extragaláctico (EBL), etc.
- *Instrumentación terrestre para Física de Astropartículas*: Para poder llevar a cabo los experimentos de Física de Astropartículas está siendo necesario desarrollar instrumentación avanzada para las más altas energías se utilizan detectores localizados en la Tierra, como son los telescopios de radiación



atmosférica (Cherenkov y fluorescencia) los detectores gigantes de partículas cargadas (instalados en suelo), de neutrinos (en el fondo del océano o enterrados en el hielo) y de ondas gravitacionales (en tierra).

- *Instrumentación Espacial para Física de Astropartículas*: Los detectores a bordo de satélites son útiles para detectar partículas de energías entre MeVs y cientos de GeV. En este rango son capaces de identificar partículas muy eficientemente y realizar medidas muy precisas. Destacamos Fermi, AMS, o Integral. Existen también propuestas para futuros instrumentos dedicados que se salen de este esquema, como los detectores espaciales de ondas gravitacionales (LISA), rayos cósmicos (JEM-EUSO) o rayos gamma (HERD, AMEGO).

METODOLOGÍA: El alumno elegirá para su trabajo, de entre las distintas posibilidades mencionadas, aquella en la que esté más interesado, definiendo el alcance y la orientación.

Una herramienta fundamental para la realización del TFG es la bibliografía. Aparte de la general listada más abajo, será necesario buscar y consultar artículos que describan de manera adecuada al nivel de conocimientos previos del alumno, los últimos avances en el campo objeto de estudio.

Para todo ello el alumno contará con el asesoramiento de profesores especialistas en este campo.

BIBLIOGRAFÍA:

- *High energy astrophysics*. M.S. Longair. 3ª edición. Cambridge University Press, 2011
- *TeV Astronomy*. Frank M. Rieger, Emma de Ona-Wilhelmi, Felix A. Aharonian. ArXiv:1302.5603
- *Particle Astrophysics*, D. Perkins, 2ª edición. Oxford University Press (Biblioteca UCM online): <https://ebookcentral.proquest.com/lib/universidadcomplutense-ebooks/detail.action?docID=431188>
- *Very High Energy Cosmic Gamma Radiation*, F. Aharonian., World Scientific (2004). (Biblioteca UCM online): <https://ebookcentral.proquest.com/lib/universidadcomplutense-ebooks/detail.action?docID=227152>
- <http://www.gae.ucm.es>



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2022-23



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Detección e imagen médica de la enfermedad de Alzheimer.	
Title:	Detection and imaging of the Alzheimer disease.	
Supervisor/es:	José Luis Contreras González	
E-mail supervisor/es	jlcontreras@fis.ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa ☒	Selección por expediente ☐

Objetivos:

- 1 – Entender y resumir qué es lo que conocemos actualmente sobre la enfermedad de Alzheimer y el estado de las terapias en desarrollo para combatirla.
- 2- Conocer y describir las técnicas de imagen médica que se usan para diagnosticar el Alzheimer, sus limitaciones y líneas de desarrollo.
- 3- Estudiar las técnicas de diagnóstico del Alzheimer que no usan imágenes, su sensibilidad y aplicaciones.

Metodología:

Se trata de un trabajo fundamentalmente de revisión, Se proporcionará bibliografía tanto sobre la enfermedad como sobre las técnicas diagnósticas y el estudiante tendrá reuniones frecuentes con el tutor para seguir el avance en el trabajo.

Bibliografía:

<https://medlineplus.gov/spanish/alzheimersdisease.html>

Imaging Techniques in Alzheimer's Disease: A Review of Applications in Early Diagnosis and Longitudinal Monitoring. W. M. van Oostveen et al. Int J Mol Sci .2021 Feb 20;22(4).

Physics in Nuclear Medicine, 4e (Saunders W.B.) Tapa dura – 17 abril 2012. S. Cherry, J.A: Sorenson, M.E: Phelps.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Aplicación de técnicas de aprendizaje automático en Astrofísica de Partículas.	
Title:	Application of machine learning techniques to particle Astrophysics.	
Supervisor/es:	José Luis Contreras González	
E-mail supervisor/es	jlcontreras@fis.ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa ☒	Selección por expediente ☐

Objetivos:

- 1 - Entender las bases de las principales técnicas de aprendizaje automático (AA), especialmente las no supervisadas.
- 2- Aprender a utilizar algoritmos de aprendizaje automático sobre conjuntos de datos experimentales.
- 3- Aplicar algunos de los algoritmos aprendidos a datos relacionados con telescopios Cherenkov.

Metodología:

Se proporcionará bibliografía actualizada aprendizaje automático (AA) y aplicaciones concretas en Astrofísica de partículas. Utilizaremos luego librerías conocidas y de acceso libre como *ScikitLearn* para practicar el uso de los algoritmos de AA.

Finalmente seleccionaremos conjuntos de datos sobre los que probar algunos de estos algoritmos e intentar entender sus ventajas y limitaciones. Nos centraremos en métodos de aprendizaje no supervisados, que buscan encontrar automáticamente relaciones entre conjuntos de datos.

El estudiante tendrá reuniones frecuentes con los tutores y personas de sus grupos de trabajo. Son recomendables los conocimientos de programación.

Bibliografía:

https://scikit-learn.org/stable/unsupervised_learning.html

<https://www.ibm.com/cloud/learn/unsupervised-learning>



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Ocultaciones de estrellas por asteroides	
Title:	Star occultations by asteroids	
Supervisor/es:	José Luis Contreras González	
E-mail supervisor/es	jlcontreras@fis.ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa ☒	Selección por expediente ☐

Objetivos:

- 1-Conocer de forma general los cuerpos del sistema solar y la técnica de la observación de ocultaciones.
- 2- Aprender a predecir ocultaciones y analizar sus datos para obtener información sobre cuerpos menores del sistema solar y estrellas.

Metodología:

Se conocen más de un millón de asteroides, cuando uno de ellos pasa entre una estrella y nosotros la oculta por un corto periodo de tiempo. La medida precisa de esta ocultación permite conocer datos sobre la forma y órbita del asteroide y en casos sobre el diámetro de la estrella.

Usaremos la documentación y programas disponibles de forma abierta para predecir los momentos adecuados para observar estos fenómenos, propondremos observaciones de ocultaciones y analizaremos sus datos.

Bibliografía:

Center for Astrophysics, Harvard Smithsonian (2022). <https://minorplanetcenter.net>.
A R Gomes-Júnior y col. "SORA: Stellar Occultation Reduction and Analysis". En: MNRAS (ene. de 2022). issn: 1365-2966. <https://arxiv.org/abs/2201.01799>



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Elaboración de una librería Python de orbitales atómicos y moleculares	
Title:	Making of a Python library of atomic and molecular orbitals	
Supervisor/es:	Jaime Rosado Vélez	
E-mail supervisor/es	irosadov@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa ☒	Selección por expediente ☐

Objetivos:

El estudiante colaborará en la creación de una librería de Python para construir y visualizar orbitales atómicos y moleculares con fines docentes. Entre otras funcionalidades, esta herramienta permitirá obtener la distribución espacial de carga de átomos y moléculas, así como calcular el valor esperado de algunos operadores cuánticos.

Metodología:

El código se basará en librerías científicas de Python (NumPy, Matplotlib, SciPy, etc.). El estudiante recibirá formación en programación, computación científica y desarrollo de software colaborativo en plataformas como GitHub y Google Colab. Se recomienda que el estudiante tenga conocimientos básicos en programación en Python.

Bibliografía:

B.H.Bransden, C.J.Joachain; Physics of atoms and molecules(Longman 1994)
F. Blanco Ramos; Introducción a la Física de Átomos y Moléculas (Amazon 2019)
<https://docs.python.org/3/tutorial/>
<https://numpy.org/>
<https://matplotlib.org/>



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Calidad de imagen en radiología digital	
Title:	Image quality in digital radiology	
Supervisor/es:	Fernando Arqueros Martínez	
E-mail supervisor/es	arqueros@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa ☒	Selección por expediente ☐

Objetivos:

1. Conocer y entender los parámetros que definen la calidad de imagen en radiología digital
2. Implementar algoritmos para la medida de dichos parámetros mediante el uso de maniqués de calidad de imagen
3. Estudiar la influencia del procesado de la imagen en la calidad final

Metodología:

Tras estudiar las bases teóricas de la caracterización de la calidad de imagen en radiología, el alumno deberá diseñar herramientas de cálculo para la medida de los parámetros básicos involucrados (ruido, resolución de contraste y resolución espacial) en imágenes obtenidas con maniqués comerciales de uso rutinario en radiología convencional y mamografía y estudiar la influencia del procesado de imagen.

Bibliografía:

Diagnostic Radiology Physics. A Handbook for Teachers and Students. IAEA Publications, 2014.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Gestión sostenible del agua mediante tecnología de membranas de fibra hueca	
Title:	Sustainable water 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 ☒	Selección por expediente ☐

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 mediante la tecnología de membranas. Para alcanzar la sostenibilidad completa (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 durante todo el ciclo, tanto en la fabricación de membranas como en el propio tratamiento de aguas. Es imprescindible que los materiales elegidos para la preparación de membranas (disolventes, polímeros y aditivos) sean lo más ecológicos posibles, es decir, poco tóxicos y preferiblemente de origen biológico, para evitar que en su producción se generen grandes cantidades de aguas contaminadas como ocurre actualmente. La elección del tipo de tratamiento de aguas es crucial, se buscan tecnologías versátiles y compatibles con energías alternativas, que sean capaces de reducir al máximo o incluso eliminar completamente los residuos generados en el proceso. Para ello, se debe disponer de tecnologías de tratamiento alternativas y de una red sostenible de gestión de residuos que minimice la huella ambiental.

Las membranas de fibra hueca tienen la geometría más atractiva para la implementación industrial del proceso de tratamiento de aguas, pues presentan una mayor densidad de

empaquetamiento (mayor de 30.000 m²/m³) 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, en las que podrá fabricar membranas de fibra hueca utilizando disolventes verdes que se podrán utilizar en procesos para tratamientos de agua, como la destilación en membrana.

Bibliografía:

- S. Jiang, B.P. Ladewig, *Green synthesis of polymeric membranes: Recent advances and future prospects*, Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry, 21 (2020) 1–8
- H.H. Wang, J.T. Jung, J.F. Kim, et al., *A novel green solvent alternative for polymeric membrane preparation via nonsolvent-induced phase separation (NIPS)*, Journal of Membrane Science 574 (2019) 44–54
- 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
- J. Chang, J. Zuo, L. Zhang, et al., *Using green solvent, triethyl phosphate (TEP), to fabricate highly porous PVDF hollow fiber membranes for membrane distillation*, Journal of Membrane Science 539 (2017) 295-304



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	EMFTEL	
Título:	Física y música: afinación, timbre y propagación del sonido en un instrumento musical	
Title:	Physics & music: tone, timbre and sound propagation of a musical instrument	
Supervisor/es:	Daniel Sánchez Parcerisa, Luis Mario Fraile Prieto	
E-mail supervisor/es	dsparcerisa@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa ☒	Selección por expediente ☐

Objetivos:

El estudiante diseñará, con la ayuda de los tutores en el empleo de herramientas y modelos de análisis numérico y programas de simulación de propagación del sonido, un estudio sobre la acústica de un instrumento musical de su elección.

Metodología:

A definir entre el estudiante y tutores. Se proporcionará bibliografía sobre aspectos del timbre y la física del sonido en instrumentos musicales, y sobre modelos computacionales para describirlos. Se podrán utilizar herramientas basadas en MATLAB, como el simulador k-Wave.

Bibliografía:

Parker, B. (2009). Good vibrations: The physics of music. JHU Press
Fletcher, N.H. and Rossing, T.D. (1998). The Physics of Musical Instruments, Springer
Benson D. (2006), Music: A Mathematical Offering, Cambridge University Press
Johnston, I. (2009) Measured Tones: The Interplay of Physics and Music, CRC Press



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	EMFTEL	
Título:	Dosimetría con películas radiocrómicas: aspectos prácticos	
Title:	Radiochromic film dosimetry: practical aspects	
Supervisor/es:	Daniel Sánchez Parcerisa	
E-mail supervisor/es	dsparcerisa@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa ☒	Selección por expediente ☐

Objetivos:

Las películas radiocrómicas son dispositivos de dosimetría pasiva que se oscurecen al ser irradiadas con una determinada dosis. Su lectura se realiza mediante un escáner en modo de transmisión. El trabajo trata de determinar los aspectos prácticos que tienen una mayor influencia en la lectura de las películas: tiempo post-irradiación, orientación de la película, número de escaneos, temperatura, etc.

Metodología:

Se trata de un trabajo experimental donde, a partir del estudio de los protocolos existentes (TG 235 de la Asociación Americana de Física Médica) se diseñarán y llevarán a cabo experimentos (que pueden incluir irradiaciones con Cs-137) para determinar las condiciones óptimas de uso.

Bibliografía:

Niroomand-Rad, A., Chiu-Tsao, S. T., Grams, M. P., Lewis, D. F., Soares, C. G., Van Battum, L. J., ... & Chan, M. F. (2020). Report of AAPM task group 235 radiochromic film dosimetry: an update to TG-55. *Medical physics*, 47(12), 5986-6025.

Sanchez-Parcerisa, D., Sanz-García, I., Ibáñez, P., España, S., Espinosa, A., Gutiérrez-Neira, C., ... & Udías, J. M. (2021). Radiochromic film dosimetry for protons up to 10 MeV with EBT2, EBT3 and unlaminated EBT3 films. *Physics in Medicine & Biology*, 66(11), 115006.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Caos cuántico	
Title:	Quantum chaos	
Supervisor/es:	Armando Relaño Pérez	
E-mail supervisor/es	armando.relano@fis.ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa ☒	Selección por expediente ☐

Objetivos:

La teoría del caos está muy bien fundamentada matemáticamente y da lugar a consecuencias espectaculares en todo tipo de sistemas físicos, desde sistemas mecánicos sencillos, como el péndulo doble, hasta sistemas complejos en los que la disipación representa un papel muy importante, como la dinámica de la atmósfera. Sin embargo, hay una anomalía que rápidamente salta a la vista cuando se repasa la lista de ejemplos físicos en los que el caos es importante: todos son clásicos; en ninguno de ellos la mecánica cuántica representa un papel relevante. Matemáticamente, la clave está en que la ecuación de Schrödinger es lineal, y la no linealidad es un ingrediente esencial para la aparición del caos. No obstante, como la mecánica clásica no es más que una aproximación a la mecánica cuántica, es lógico preguntarse: ¿cuál es el origen cuántico del caos?, ¿hay alguna propiedad cuántica que permita saber si un determinado sistema físico será caótico en el límite clásico?

El objetivo general de este trabajo es estudiar cómo se manifiesta el caos en mecánica cuántica y qué consecuencias conllevan estas manifestaciones. En particular, se podrá elegir entre uno de los dos siguientes temas:

- Manifestaciones del caos en mecánica cuántica. ¿Por qué no se puede “traducir” la definición clásica de caos a la mecánica cuántica y dónde “se esconde” el caos en los sistemas cuánticos?
- Caos y fundamentación de la física estadística. La base de la física estadística es la ergodicidad, una propiedad típica de los sistemas clásicos caóticos. ¿Cómo se traslada este concepto a los sistemas cuánticos? ¿Sirve el caos cuántico para fundamentar la física estadística cuántica?

Ambos temas son muy amplios y admiten distintas orientaciones, de acuerdo con los intereses de la persona que lleve a cabo el trabajo.

Metodología:

En todos los casos, se deberá elegir una de las propuestas listadas en el apartado anterior y revisar su bibliografía básica, con el fin entender el problema y su estado actual. Después, en función de la orientación que adquiera el trabajo, este 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 adecuado al fenómeno en estudio.

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 unas pocas referencias generales. En función del tema concreto de trabajo, el tutor proporcionará referencias más específicas. Además, si su trabajo es de naturaleza bibliográfica, el estudiante realizará por su cuenta una búsqueda más detallada.

- 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.
- 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.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Transiciones de fase cuánticas	
Title:	Quantum phase transitions	
Supervisor/es:	Armando Relaño Pérez	
E-mail supervisor/es	armando.relano@fis.ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa ☒	Selección por expediente ☐

Objetivos:

Uno de los mayores éxitos de la física estadística es explicar por qué se producen las transiciones de fase y cuáles son sus características físicas más importantes. En la gran mayoría de los ejemplos conocidos, la magnitud física más relevante es la temperatura, pues las propiedades del sistema que experimenta la transición de fase cambian bruscamente a una cierta temperatura: por ejemplo, el agua pasa de líquido a vapor, o un material pasa de paramagnético a ferromagnético.

Sin embargo, existen transiciones de fase en las que la temperatura no representa un papel importante. Por ejemplo, hay sistemas cuyas propiedades cambian bruscamente cuando se alcanza un determinado valor de otra magnitud física, como el campo magnético, manteniéndose arbitrariamente cerca del cero absoluto de temperaturas. Este tipo de transiciones de fase se denominan “transiciones de fase cuánticas”, pues es la mecánica cuántica la que las induce.

El objetivo de este trabajo es entender las bases teóricas de este tipo de transiciones de fase, así como sus propiedades físicas más relevantes. En función de los intereses de la persona que realice el trabajo, se pueden abordar también algunas de sus generalizaciones más recientes, tanto en equilibrio termodinámico como fuera de él. En particular, algunos de los temas que se pueden tratar son:

- Transiciones de fase cuánticas. Estudio de ejemplos paradigmáticos de transiciones de fase cuánticas. ¿Qué tienen en común las transiciones de fase estándar, que ocurren a una cierta temperatura, con las que suceden arbitrariamente cerca del cero absoluto, inducidas por fluctuaciones cuánticas?
- Generalización del concepto de transición de fase cuántica a sistemas fuera del equilibrio: “dynamical quantum phase transitions”. ¿Existen fenómenos críticos cuando el sistema evoluciona sin alcanzar el equilibrio termodinámico?

- Generalización de las transiciones de fase cuánticas a estados excitados: “excited-state quantum phase transitions”. ¿Se restringen las transiciones de fase cuánticas a situaciones cercanas al cero absoluto? ¿Puede observarse algo similar si se le da energía al sistema?

Todos los temas son muy amplios y admiten distintas orientaciones, de acuerdo con los intereses de la persona que lleve a cabo el trabajo.

Metodología:

En todos los casos, se deberá elegir una de las propuestas listadas en el apartado anterior y revisar su bibliografía básica, con el fin entender el problema y su estado actual. Después, en función de la orientación que adquiera el trabajo, este 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 adecuado al fenómeno en estudio.

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 unas pocas referencias generales. En función del tema concreto de trabajo, el tutor proporcionará referencias más específicas. Además, si su trabajo es de naturaleza bibliográfica, el estudiante realizará por su cuenta una búsqueda más detallada.

- 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.
- Jamir Marino, Martin Eckstein, Matthew S. Foster, Ana Maria Rey, “Dynamical phase transitions in the collisionless pre-thermal states of isolated quantum systems: theory and experiments”, arXiv:2201.09894.
- 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 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Neurobiofísica	
Title:	Neurobiophysics	
Supervisor/es:	Carmen García Payo y Sagrario Muñoz San Martín	
E-mail supervisor/es	mcgpayo@ucm.es smsm@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa ☒	Selección por expediente ☐

Objetivos:

Las neuronas de nuestro sistema nervioso se comunican mediante sinapsis conduciendo impulsos eléctricos.

Para la generación de un impulso, la membrana de la neurona (bicapa de fosfolípidos) ha de experimentar un cambio modificando el potencial de membrana en reposo. Este potencial de reposo se regula mediante canales, que pueden ser de dos tipos:

Canales iónicos: son canales pasivos en los que no es necesario el uso de energía para el transporte de moléculas. Su apertura depende de cambios en el potencial de membrana, unión a ligandos (neurotransmisores), por estiramiento (receptores cutáneos de presión que al entrar en contacto con algún objeto se deforman abriendo el canal).

Canales transportadores o proteínas transportadoras: son canales que requieren el uso de energía. Un ejemplo es la bomba sodio-potasio ATPasa.

El alumno deberá adquirir conocimientos básicos sobre neurobiofísica:

- Las ecuaciones de transporte pasivo y activo a la propagación de señales nerviosas en membranas excitables.
- Modelo del cable eléctrico para la descripción de la propagación del potencial de acción en membranas excitables.
- El potencial de Nernst en sistemas físicos y biológicos. Potencial de membrana.
- Establecer los conceptos básicos de física de membranas, transporte activo y pasivo y aplicarlos al potencial de acción en el sistema nervioso.
- Conocer las bases de técnicas de observación biomédica (electroencefalografía, magnetoencefalografía).
- Describir las ideas básicas de aprendizaje en redes neuronales y las principales características morfológicas y funcionales del cerebro.

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.

Bibliografía:

R. Cotterill "Biophysics: an introduction. John Wiley and Sons. 2002

M. Ortuño Ortín. "Física para biología, medicina, veterinaria y farmacia". Ed. Crítica. NIU. 1996

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.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2022-23



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Imagen por Ultrasonidos	
Title:	Ultrasound Imaging	
Supervisor/es:	Joaquín López Herraiz	
E-mail supervisor/es	jlopezhe@ucm.es	
Número de plazas:	2	
Asignación de TFG:	Selección directa ☒	Selección por expediente ☐

Objetivos:

Estudio de los conceptos de física relevantes para las aplicaciones de los ultrasonidos en imagen médica, tales como la generación de ultrasonidos, la propagación de ondas acústicas en tejidos y la reconstrucción de imagen. Análisis de sus principales limitaciones y métodos actuales para superarlas.

Metodología:

1. Familiarización con los aspectos más relevantes sobre la instrumentación en imagen por ultrasonidos, los detectores y las técnicas de reconstrucción de imagen más utilizadas.
2. Aprendizaje del manejo de las herramientas necesarias para el trabajo: programas de manipulación de imagen de ultrasonidos, códigos de reconstrucción de imagen, entornos de simulación, software de cálculo.
3. Participación en actividades formativas específicas para los trabajos de fin de grado, directrices para la elaboración del trabajo y de la presentación, participación en seminarios.
4. Desarrollo del tema de estudio.
5. Redacción y revisión del trabajo.
6. Exposición de los trabajos antes de la presentación y defensa.

Bibliografía:

"Farr's Physics for Medical Imaging". Penelope Allisy-Roberts et al. (2007) 2nd Ed. Saunders

"The Essential Physics of Medical Imaging", LWW 3Ed (2011) Jerrold T. Bushberg et al.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Física Biológica	
Title:	Biological Physics	
Supervisor/es:	Francisco J. Cao García / Juan Pedro García Villaluenga	
E-mail supervisor/es	franco@ucm.es / juanpgv@fis.ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa ☒	Selección por expediente ☐

Objetivos:

- Comprender las bases físicas de un proceso biológico elegido por el alumno (motores moleculares, división celular, ...)
- Adquirir los conocimientos previos necesarios para trabajar en el activo e innovador campo de la Física Biológica (o Biofísica).

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 varios procesos biológicos o centrarse en uno particular.
- Este trabajo incluye interacción con un grupo UCM de la Facultad que trabaja en el tema. (Grupo de Dinámica fuera del Equilibrio)
- Este trabajo está recomendado para estudiantes de cualquiera de las orientaciones del Grado en Física.

Bibliografía:

Fundamental:

- R. Phillips, J. Kondev, J. Theriot, Physical Biology of the Cell, Garland Science, 2009. Capítulo 16.

Complementaria:

- K.A. Dill, S. Bromberg, Molecular Driving Forces, Garland Science, 2011.
- J. Howard, Mechanics of Motor Proteins and the Cytoskeleton, Sinauer, 2001.
- M.B. Jackson, Molecular and Cellular Biophysics, Cambridge University Press, 2006.
- J.A. Morín, F.J. Cao, J.M. Lázaro, J.R. Arias-Gonzalez, J.M. Valpuesta, J.L. Carrascosa, M. Salas, B. Ibarra, Active DNA unwinding dynamics during processive DNA replication, PNAS 109, 8115-8120 (2012). doi: 10.1073/pnas.1204759109
- Almendro-Vedia VG, Monroy F, Cao FJ (2013) Mechanics of Constriction during Cell Division: A Variational Approach. PLoS ONE 8(8): e69750. doi:10.1371/journal.pone.0069750



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Física aplicada al deporte	
Title:	Physics of Sport	
Supervisor/es:	Francisco J. Cao García / Juan Pedro García Villaluenga	
E-mail supervisor/es	francao@ucm.es / juanpgv@fis.ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa ☒	Selección por expediente ☐

Objetivos:

- Comprender las bases físicas de uno o varios deportes elegidos por el alumno. (La orientación la elige el alumno, y puede ser biofísica, mecánica, o cualquier otra relacionada con la Física.)

Metodología:

- El alumno buscará la bibliografía necesaria para adquirir los conocimientos complementarios que necesite para realizar el trabajo específico que haya elegido.
- El alumno puede optar por abordar en su trabajo el estudio de varios deportes o centrarse en uno particular.

Este trabajo está recomendado para estudiantes de cualquiera de las orientaciones del Grado en Física.

Bibliografía:

El alumno tendrá que buscar y elegir la bibliografía más relevante para el tema y enfoque que elija.

Algunos ejemplos de temas se pueden encontrar en las siguientes referencias:

- Physicsworld 25, págs 20 y siguientes (2012)

http://www.if.ufrj.br/~coelho/PW_July2012_PhysicsAndSport.pdf

- The Physics of Sports, <http://www.real-world-physics-problems.com/physics-of-sports.html>



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

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	
E-mail supervisor/es	francao@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa ☒	Selección por expediente ☐

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 de una perspectiva multiespecie 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 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 un grupo UCM de la Facultad que trabaja en el tema. (Grupo de Dinámica fuera del Equilibrio)
- Este trabajo está recomendado para estudiantes de la Orientación de Física Fundamental del Grado en Física.

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 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Dinámica estocástica de poblaciones	
Title:	Stochastic population dynamics	
Supervisor/es:	Francisco Javier Cao García / Luis Dinis	
E-mail supervisor/es	francao@ucm.es / ldinis@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa ☒	Selección por expediente ☐

Objetivos:

- Comprender las bases de la dinámica estocástica de poblaciones. 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 de una perspectiva multiespecie 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 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 un grupo UCM de la Facultad que trabaja en el tema. (Grupo de Dinámica fuera del Equilibrio)
- Este trabajo está recomendado para estudiantes de la Orientación de Física Fundamental del Grado en Física.

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 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	ESTRUCTURA DE LA MATERIA, FISICA TERMICA Y ELECTRONICA	
Título:	Explorando los aceleradores galácticos con telescopios Cherenkov	
Title:	Probing galactic accelerators with Cherenkov Telescopes	
Supervisor/es:	Atreyee Sinha	
E-mail supervisor/es	asinha@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa ☒	Selección por expediente ☐

Objetivos:

- Introducirse en las técnicas de análisis de datos en Astrofísica de Altas Energías
- Comprender los mecanismos cósmicos de aceleración de partículas de alta energía
- Aplicar los conocimientos a datos del Cherenkov Telescope Array

Metodología:

Si bien tenemos pruebas concluyentes de la aceleración de partículas dentro de nuestra galaxia hasta energías más allá de 10^{16} eV, los sitios y los mecanismos de aceleración de las mismas aún no se conocen. Los rayos gamma nos proporcionan la mejor sonda disponible para estudiar el universo de alta energía, incluidos los sitios de aceleración de partículas en condiciones extremas: jets, remanentes de supernova, nebulosas de viento púlsar, etc.

El observatorio Cherenkov de próxima generación, (CTA), se espera que descubra una gran cantidad de nuevas fuentes de este tipo, iluminando nuestra comprensión del universo extremo.

Este proyecto tiene como objetivo mejorar los resultados científicos de CTA, mediante la simulación de observaciones de remanentes de supernova basadas en nuestro conocimiento y observaciones actuales. Usaremos gammapy, un paquete de Python de código abierto para

astronomía de rayos gamma que recientemente ha sido seleccionado como la herramienta científica oficial de CTA, y es capaz de hacer predicciones sobre el rendimiento de CTA para estas fuentes.

Nota: Se recomienda que el estudiante posea un conocimiento adecuado de inglés.

Bibliografía:

- High-energy astrophysics. Vol. 1 y 2. M.S. Longair, Cambridge University Press (1992)
- www.gammapy.org
- B. S. Acharya et al. (CTA Consortium), "Introducing the CTA concept", Astroparticle Physics 43 (2013) 3-18.
- H.E.S.S. Collaboration et al, "H.E.S.S. observations of RX J1713.7-3946 with improved angular and spectral resolution: Evidence for gamma-ray emission extending beyond the X-ray emitting shell" A&A 612, A6 (2018)
- A. Sinha et al, "A 3D likelihood based approach for extended sources" First Workshop on TeV pulsar halos, Dec, 2020
- P. Christofari, "The hunt for Pevatrons: The case of supernova remnants", Universe, 2021



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Usando rayos gamma para estudiar la evolución de galaxias	
Title:	Using gamma rays to study galaxy evolution	
Supervisor/es:	Alberto Domínguez	
E-mail supervisor/es	alberto.d@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa ☒ X	Selección por expediente ☐

Objetivos:

Cada galaxia existente en el cosmos lleva emitiendo luz desde el principio de los tiempos. Estos fotones producen uno de los fondos difusos que llenan el Cosmos conocido como luz de fondo extragaláctica (EBL). Este es el segundo fondo de radiación más energético, después de la radiación cósmica de microondas, y su estudio es esencial para entender la formación de galaxias y la cosmología de nuestro Universo. Además, fotones de muy alta energía que provienen de fuentes extragalácticas, tales como blazars (agujeros negros super-masivos con chorros orientados hacia la Tierra) interaccionan con la EBL. Este efecto hace que la EBL sea interesante para la comunidad de astropartículas, ya que crea una conexión entre astronomía clásica y astrofísica de altas energías.

En este trabajo nos centraremos en la utilización de observaciones de fotones gamma, las energías más altas conocidas, para el estudio de la EBL, y finalmente seremos capaces de responder a la cuestión histórica de cómo de oscuro es el cielo nocturno, respondiendo así a la paradoja de Olbers.

Metodología:

Se trata de un trabajo fundamentalmente bibliográfico.

Se le proporcionará al alumno bibliografía actualizada sobre el fondo de luz extragaláctica, los modelos existentes y los métodos observacionales para estimarlo.

Bibliografía:

“Toda la luz del Universo”, Domínguez, Primack, & Bell,
Investigación y Ciencia, Agosto, 2015

“Extragalactic Background Light Inferred from AEGIS Galaxy SED-type Fractions”,
Domínguez et al., (2011), arXiv:1007.1459



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Simulación de fenómenos colectivos en modelos 'coarse grain' de sistemas biológicos y sintéticos fuera del equilibrio termodinámico	
Title:	Simulations of collective motion with coarse grain model in biological and synthetic systems out-of-equilibrium	
Supervisor/es:	Chantal Valeriani	
E-mail supervisor/es	cvaleriani@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa ☒	Selección por expediente ☐

Objetivos:

- + Familiarización por parte del estudiante de los diferentes conceptos del campo de la materia activa, los diferentes sistemas de interés para dicho campo, así como los modelos teóricos que se utilizan y la fenomenología que presentan, centrando especial atención a uno de ellos, sobre el que se profundizará en el trabajo.
- + Obtención de conocimientos básicos de los diferentes programas (Linux, bash, ovito, LAMMPS) y lenguajes de programación (python, C++) necesarios para la realización de las simulaciones y los análisis pertinentes.
- + Interpretación de resultados dando explicación a los diferentes fenómenos emergentes en las simulaciones y su comparación cualitativa con la fenomenología presentada por el sistema experimental correspondiente.

Metodología:

Primeramente el alumno se familiarizará con los conceptos básicos del campo de la materia activa y los modelos básicos que existen en dicho campo. Posteriormente, el alumno aprenderá el uso de códigos ya disponibles o realizará sus propios códigos para simular el sistema objeto de estudio. Una vez las simulaciones hayan sido realizadas el alumno procederá al análisis de las mismas, de nuevo aprendiendo a utilizar alguna de las herramientas de análisis ya disponibles o realizando su propio código de análisis. Finalmente, con los resultados obtenidos a partir del análisis se realizará la interpretación de dichos resultados y las conclusiones.

Bibliografía:

- [1] Vicsek, T., and Zafeiris, A. (2012). Collective motion. Physics reports, 517(3-4), 71-140.
- [2] Speck, T. (2016). Collective behavior of active Brownian particles: From microscopic clustering to macroscopic phase separation. The European Physical Journal Special Topics, 225(11), 2287-2299.
- [3] Goldenfeld, Lectures on Phase Transitions and the Renormalization Group
- [4] Guix, M., Weiz, S. M., Schmidt, O. G., and Medina-Sánchez, M. (2018). Self-propelled micro/nanoparticle motors. Particle and Particle Systems Characterization, 35(2), 1700382



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	"Nuevos retos en la Estimulación Cerebral Profunda"	
Title:	"New Challenges of Deep Brain Stimulation"	
Supervisor/es:	Sagrario Muñoz San Martín, Pedro Antoranz Canales	
E-mail supervisor/es	smsm@ucm.es antoranz@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa ☒	Selección por expediente ☐

Objetivos:

Se revisará el estado actual de la técnica de estimulación cerebral profunda y se estudiarán los nuevos retos que supongan una mejora en la eficiencia de esta técnica que en la actualidad no resulta adecuada para todos los pacientes. Se revisarán las características eléctricas de la estimulación y otras alternativas eléctricas que permitan el resurgimiento de una técnica no invasiva.

Metodología:

La estimulación cerebral profunda es una técnica de estimulación invasiva que lleva utilizándose como terapia en distintas patologías como por ejemplo el Parkinson. Sin embargo, a pesar del efecto terapéutico demostrado, existen todavía efectos adversos colaterales o pacientes en los que el resultado no es el deseado. Se revisará la técnica de estimulación cerebral profunda tradicional y se comparará con las optimizaciones de dicha técnica que están surgiendo en las nuevas propuestas que permitan reducir los efectos colaterales de la cirugía y con métodos de estimulación alternativos no invasivos.

Bibliografía:

M. Lozano et al. "Deep Brain Stimulation: current challenges and future directions" Nat. Rev Neurol. 2019 March: 15(3): 148-160.

M. Hariz. "Deep Brain Stimulation: new techniques", Parkinsonism and Related Disorders 20S1 (2014) S192-S196.

Al constituir uno de los objetivos del Trabajo la búsqueda bibliográfica, en principio se le recomienda al alumno estas referencias como punto de partida para que inicie una búsqueda de bibliografía adicional más reciente.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Situación actual y perspectivas de futuro de los dispositivos fotovoltaicos basados en silicio	
Title:	Current situation and future views of photovoltaic silicon devices	
Supervisor/es:	Ignacio Mártil de la Plaza/María Luisa Lucía Mulas	
E-mail supervisor/es	imartil@ucm.es/mlucia@ucm.es	
Número de plazas:	2	
Asignación de TFG:	Selección directa ☒	Selección por expediente ☐

Objetivos:

El campo de las energías renovables es uno de los más activos en investigación, desarrollo y aparición de nuevas ideas para mejorar el aprovechamiento de la energía del sol. Se pretende que los estudiantes que elijan este trabajo realicen una revisión de la situación actual de las tecnologías de silicio e ideas involucradas en el campo, desde una perspectiva científica, sin entrar en detalles minuciosos de cada una de ellas. Así mismo, se pretende que aprendan a caracterizar un dispositivo real mediante unas sesiones prácticas sencillas. El detalle concreto de los objetivos es el siguiente: 1.- Conocer la situación actual de las distintas tecnologías de fabricación de células solares de silicio, así como los logros de las mismas en cuanto a eficiencia, coste, etc. 2.- Introducirse en la caracterización experimental de dispositivos fotovoltaicos.

Metodología:

1.- Lectura crítica de trabajos científicos de reciente publicación, donde se revise la situación actual de los dispositivos fotovoltaicos, analizando y comparando las ventajas e inconvenientes que presenta cada técnica 2.- Realización en el laboratorio de la caracterización de un dispositivo fotovoltaico real de Si.

Bibliografía:

- 1.- <http://www.pveducation.org/pvcdrom/>
- 2.- Jingjing Liu, Yao Yao, Shaoqing Xiao and Xiaofeng Gu, "Review of status developments of high-efficiency crystalline silicon solar cells", J. Phys. D: Appl. Phys., 51 (2018) 123001

- 3.- Albert Polman, Mark Knight, Erik C. Garnett, Bruno Ehrler, Wim C. Sinke, "Photovoltaic materials: Present efficiencies and future challenges" Science, 352, 307 (2016)
- 4.- I. Mártil and G. González Díaz "Determination of the dark and illuminated characteristics parameters of a solar cell from I-V characteristics". Eur. J. Phys. 13 (1992) 183
- 5.- Ignacio Mártil, "Energía Solar. De la utopía a la esperanza". (Guillermo Escolar Editor, Madrid, 2020)



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Dispersión de neutrinos por núcleos mediante la interacción de corrientes cargadas	
Title:	Charged current neutrino-nucleus scattering	
Supervisor/es:	Raúl González Jiménez	
E-mail supervisor/es	raugon06@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa ☒	Selección por expediente ☐

Objetivos:

Comprender los conceptos básicos en los procesos de dispersión de leptones por núcleos. Esto es de gran interés en la actualidad porque ayudará a comprender las propiedades de los neutrinos y sus oscilaciones. Se usará el modelo nuclear del gas de Fermi relativista que aunque es uno de los más sencillos que existe, es ampliamente usado en la comunidad y proporciona predicciones razonablemente realistas.

En este trabajo nos centraremos en la interacción débil cargada, mediada por el intercambio de un bosón W^+ o W^- .

Metodología:

1. Familiarización con los aspectos más relevantes sobre el proceso de interacción leptón-nucleón teniendo en cuenta la interacción electromagnética y débil.
2. Aprendizaje del manejo de las herramientas necesarias para el trabajo, en particular, desarrollo de programas de cálculo numérico para comparar los resultados teóricos con datos experimentales.
3. Participación en actividades formativas específicas para los trabajos de fin de grado, directrices para la elaboración del trabajo y de la presentación, participación en seminarios del Grupo de Física Nuclear.
4. Desarrollo del tema de estudio.
5. Redacción y revisión del trabajo.
6. Exposición de los trabajos en el Grupo de Física Nuclear.

Bibliografía:

Alvarez-Ruso et al., "NuSTEC White Paper: Status and challenges of neutrino–nucleus



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



scattering"; [Progress in Particle and Nuclear Physics 100 \(2018\) 1–68](#).

J. D. Bjorken and S. D. Drell, Relativistic Quantum Mechanics (McGraw-Hill, New York, 1964).

T. William Donnelly, Joseph A. Formaggio, Barry R. Holstein, Richard G. Milner, "Foundations of Nuclear and Particle Physics"; Cambridge University Press

Walter Greiner & Joachim Reinhardt, "Quantum Electrodynamics", Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Dispersión de neutrinos por núcleos mediante la interacción débil neutra	
Title:	Weak neutral current neutrino-nucleus scattering	
Supervisor/es:	Raúl González Jiménez	
E-mail supervisor/es	raugon06@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa ☒	Selección por expediente ☐

Objetivos:

Comprender los conceptos básicos en los procesos de dispersión de leptones por núcleos. Esto es de gran interés en la actualidad porque ayudará a comprender las propiedades de los neutrinos y sus oscilaciones. Se usará el modelo nuclear del gas de Fermi relativista que aunque es uno de los más sencillos que existe, es ampliamente usado en la comunidad y proporciona predicciones razonablemente realistas.

En este trabajo nos centraremos en la interacción débil neutra, mediada por el intercambio de un bosón Z^0 .

Metodología:

1. Familiarización con los aspectos más relevantes sobre el proceso de interacción leptón-nucleón teniendo en cuenta la interacción electromagnética y débil.
2. Aprendizaje del manejo de las herramientas necesarias para el trabajo, en particular, desarrollo de programas de cálculo numérico para comparar los resultados teóricos con datos experimentales.
3. Participación en actividades formativas específicas para los trabajos de fin de grado, directrices para la elaboración del trabajo y de la presentación, participación en seminarios del Grupo de Física Nuclear.
4. Desarrollo del tema de estudio.
5. Redacción y revisión del trabajo.
6. Exposición de los trabajos en el Grupo de Física Nuclear.

Bibliografía:

Alvarez-Ruso et al., "NuSTEC White Paper: Status and challenges of neutrino–nucleus



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



scattering"; [Progress in Particle and Nuclear Physics 100 \(2018\) 1–68.](#)

J. D. Bjorken and S. D. Drell, Relativistic Quantum Mechanics (McGraw-Hill, New York, 1964).

T. William Donnelly, Joseph A. Formaggio, Barry R. Holstein, Richard G. Milner, "Foundations of Nuclear and Particle Physics"; Cambridge University Press

Walter Greiner & Joachim Reinhardt, "Quantum Electrodynamics", Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Violación de paridad en dispersión de electrones: Contenido de extrañeza del nucleón	
Title:	Parity violating electron scattering	
Supervisor/es:	Raúl González Jiménez	
E-mail supervisor/es	raugon06@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa ☒	Selección por expediente

Objetivos:

Comprender los conceptos básicos en los procesos de dispersión de leptones por nucleones bajo la acción de la interacción electromagnética y débil. Estudiar como el uso de estos procesos permite obtener información sobre la estructura interna del nucleón.

Metodología:

1. Familiarización con los aspectos más relevantes sobre el proceso de interacción leptón-nucleón teniendo en cuenta la interacción electromagnética y débil.
2. Aprendizaje del manejo de las herramientas necesarias para el trabajo, en particular, desarrollo de programas de cálculo numérico para comparar los resultados teóricos con datos experimentales.
3. Participación en actividades formativas específicas para los trabajos de fin de grado, directrices para la elaboración del trabajo y de la presentación, participación en seminarios del Grupo de Física Nuclear.
4. Desarrollo del tema de estudio.
5. Redacción y revisión del trabajo.
6. Exposición de los trabajos en el Grupo de Física Nuclear.

Bibliografía:

+“Parity violation in elastic electron–nucleon scattering: Strangeness content in the nucleon”, R.González-Jiménez, J.A.Caballero, T.W.Donnelly; [Physics Reports, Volume 524, Issue 1, March 2013, Pages 1-35.](#)
+T. William Donnelly, Joseph A. Formaggio, Barry R. Holstein, Richard G. Milner, “Foundations of Nuclear and Particle Physics”; Cambridge University Press
+Walter Greiner & Joachim Reinhardt, “Quantum Electrodynamics”, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	ESTRUCTURA DE LA MATERIA, FÍSICA TÉRMICA Y ELECTRÓNICA	
Título:	El ser vivo como sistema termodinámico	
Title:	The living being as a thermodynamic system	
Supervisor/es:	Vicenta María Barragán García/Francisco Javier Cao García	
E-mail supervisor/es	vmabarra@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa ☐	Selección por expediente ☒

Objetivos:

Un ser vivo es un sistema abierto que intercambia materia y energía con el medio que le rodea. Puede, por tanto, considerarse un sistema termodinámico. El objetivo que se plantea es analizar el ser vivo desde el punto de vista de los principios de la termodinámica.

Metodología:

- Dado que el análisis puede realizarse desde diferentes puntos de vista, se hará en primer lugar una elección, por parte del alumno, del enfoque del estudio.
- El estudio podrá realizarse aplicándolo a los seres vivos en general, o analizando un caso o aspecto concreto.
- El alumno buscará y seleccionará la bibliografía necesaria para la realización del trabajo.

Bibliografía:

Se recomienda consultar la bibliografía de las asignaturas del Grado en Física relacionadas con el tema propuesto, Termodinámica y Termodinámica del no equilibrio.

- C. Fernández Pineda, S. Velasco Maillo, Termodinámica, Editorial Universitaria Ramon Areces, 2009.
- Lebon, G., Jou, D., Casas-Vázquez, J. Understanding Non-Equilibrium Thermodynamics: Foundations, Applications, Frontiers. (Springer-Verlag, Berlin). 2008.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Fenómenos de envejecimiento en problemas de fricción.	
Title:	Study of aging in friction problems.	
Supervisor/es:	Juan José Mazo Torres	
E-mail supervisor/es	jmazo@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa ☐	Selección por expediente ☒

Objetivos: Los fenómenos de envejecimiento del contacto juegan un papel fundamental en la dinámica de fricción desde la nanoescala hasta las escalas geológicas propias de la dinámica de terremotos. El trabajo pretende estudiar fenómenos de envejecimiento (ya sea por aumento de la superficie de contacto o por fortalecimiento de la interacción de contacto). Partiremos de trabajos recientes de fricción en la nanoescala [1] con el objetivo de extender los trabajos realizados y conectar sus resultados con los modelos "rate-and-state" [2]. Estos modelos juegan un papel fundamental en el estudio fenomenológico de fenómenos de fricción en un amplio rango de materiales y escalas, desde la fricción entre dos hojas de papel a la fricción entre rocas en fenómenos sísmicos.

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.
- Exposición escrita y oral del trabajo realizado.

Bibliografía:

- [1] J. J. Mazo et al. *Time Strengthening of Crystal Nanocontacts*, Phys. Rev. Lett. 118, 246101 (2017).
- [2] K. Tian et al. *Rate and State Friction Relation for Nanoscale Contacts: Thermally Activated Prandtl-Tomlinson Model with Chemical Aging*, Phys. Rev. Lett. 129, 186101 (2018).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Superlubricidad en problemas de fricción	
Title:	Superlubricity in friction problems	
Supervisor/es:	Juan José Mazo Torres	
E-mail supervisor/es	jmazo@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa ☐	Selección por expediente ☒

Objetivos: El trabajo se centra en el estudio de superlubricidad en la nanoescala, uno de los fenómenos más relevantes y de actualidad en fricción en la actualidad, con un alto interés científico y tecnológico [1,2]. Por superlubricidad nos referimos a la reducción significativa del valor de la fricción entre dos materiales en contacto. Partiremos revisando artículos recientes al respecto para conocer los distintos mecanismos por los que se puede lograr este objetivo (termolubricidad, actuación resonante, superlubricidad estructural,...). Además, se realizará el estudio detallado de un caso más novedoso. Este estudio se realizará fundamentalmente a través de la implementación de un modelo mesoscópico adecuado y la realización de simulaciones numéricas sobre el mismo (resolución numérica de ecuaciones diferenciales no lineales con términos estocásticos). 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.
- Realización de las simulaciones numéricas y análisis de los resultados.
- Resumen, exposición y defensa del trabajo realizado.

Bibliografía:

- [1] M. Z. Baykara et al. Emerging superlubricity: A review of the state of the art and perspectives of future research. Appl. Phys. Rev. 5, 041102 (2008).
- [2] A. Vanossi et al. Structural lubricity in soft and hard matter systems. Nat. Comm. 11, 4657 (2020).