



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2024-25



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica
Título:	Tendencias actuales en radioterapia avanzada
Title:	Current trends in advanced radiotherapy
Tutor/es:	Paula Ibáñez García, José Manuel Udías Moineiro
E-mail tutor/es:	pbibanez@ucm.es, jmudiasm@ucm.es
Número de plazas:	2
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

Realizar una revisión del estado del arte en radioterapia: hadronterapia, aceleradores de electrones de alta energía, dispositivos con capacidad FLASH (ultra alta tasa de dosis). Se complementará con simulaciones ilustrando las ventajas de algunas de las nuevas tecnologías frente a los sistemas convencionales con fotones y electrones de menos de 25 MV de energía. Cada uno de los estudiantes se enfocará prioritariamente en una tecnología diferente, por ejemplo protonterapia frente a electrones de ultra alta energía.

Metodología:

1. Introducción a la radioterapia: estudio y revisión del material sobre interacción de la radiación con materiales biológicos, parámetros más importantes (poder de frenado, LET, dosis, kerma)
2. Revisión bibliográfica sobre hadronterapia, el efecto FLASH y los aceleradores de electrones y protones de alta tasa, y la irradiación con electrones de alta energía (>100 MeV).
3. Aprendizaje de herramientas de simulación.
4. Participación en actividades formativas específicas para los trabajos de fin de grado, directrices para la elaboración del trabajo y de la presentación, asistencia a seminarios del Grupo de Física Nuclear (GFN).
5. Presentación del TFG en los seminarios del GFN, previa a su defensa.

Bibliografía:

“Fundamentos de Física Médica (V3 y V4, Radioterapia). Sociedad Española de Física Médica”, Antonio Brossed Editor.

· “The Physics of Radiation Therapy” F.M. Khan Eds. Lip. Williams and Wilkins, 2003.

· <http://nuclear.fis.ucm.es>



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2024-25

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica
Título:	Desarrollo del código LegPy para la simulación de la interacción de rayos gamma y electrones con la materia
Title:	Development of the LegPy code for the simulation of the interaction of gamma rays and electrons with matter
Tutor/es:	Fernando Arqueros, Jaime Rosado
E-mail tutor/es:	arqueros@ucm.es, jrosadov@ucm.es
Número de plazas:	2
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

Estudio de casos de uso e implementación de nuevas funcionalidades en el código de Monte Carlo (MC) LegPy desarrollado en Python para la simulación del paso de rayos gamma y electrones ($E \sim \text{MeV}$) en cualquier medio material. Algunas de las posibilidades del trabajo son:

- Elaboración de ejemplos de uso de la simulación en Radiofísica.
- Implementación del cálculo de la fluencia espectral.
- Implementación de la simulación de positrones y/o de partículas alfa.
- Implementación del proceso de creación de pares.

Metodología:

El estudiante se familiarizará con los procesos físicos de interacción radiación-materia y las simplificaciones razonables empleadas para su implementación en el código LegPy. Podrá implementar nuevos procesos y/o evaluarlos mediante la comparación con datos experimentales disponibles o con otros códigos de MC de referencia, como PENELOPE. El desarrollo del código se realizará en lenguaje Python en el paradigma de programación orientada a objetos. Las simulaciones se ejecutarán desde cuadernos Jupyter. Se empleará Github para el desarrollo del código de manera colaborativa y su publicación bajo licencia de código abierto.

Bibliografía:

V. Moya, J. Rosado, F. Arqueros, *An easy tool for the Monte Carlo simulation of the passage of photons and electrons through matter*, *Radiation Measurements*, 169 (2023) 107029.

<https://docs.python.org/3/tutorial/>

<https://numpy.org/>

<https://plotly.com/python/>



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2024-25



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica
Título:	Estudio de efectos de hormesis en distintas líneas celulares
Title:	Study of hormesis effects in different cell lines
Tutor/es:	Daniel Sánchez Parcerisa
E-mail tutor/es:	dsparcerisa@ucm.es
Número de plazas:	1
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

Los efectos de la dosis de radiación ionizante en los tejidos y células suelen describirse por el llamado modelo lineal-cuadrático, donde la fracción de supervivencia de una población irradiada decrece exponencialmente con la dosis mediante una componente lineal y otra cuadrática. Sin embargo, en ocasiones se ha descrito un cierto efecto protector de la radiación a bajas dosis llamado efecto de hormesis, donde las muestras irradiadas con bajas dosis tienen una supervivencia mayor que las no irradiadas. El objetivo del trabajo es estudiar posibles situaciones donde observar el efecto de hormesis en radiobiología y caracterizarlo para muestras celulares tumorales y sanas, enfocándonos en cánceres de pulmón, mama y glioblastoma.

Metodología:

- Análisis bibliográfico del efecto hormesis.
- Modelado matemático (MATLAB) de los datos extraídos de la literatura.
- El trabajo podría complementarse con ensayos en laboratorio húmedo (UCM) con irradiación de distintas muestras biológicas.

Bibliografía:

Lau et al 2023. Appl. Sci. 2021, 11(19), 8909;
<https://doi.org/10.3390/app11198909>



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2024-25



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica
Título:	Hadronterapia
Title:	Hadrontherapy
Tutor/es:	José Antonio Briz, Luis Mario Fraile
E-mail tutor/es:	josebriz@ucm.es, lmfraile@ucm.es
Número de plazas:	1
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

El trabajo se centra en el estudio de la interacción de hadrones con materiales y con tejidos vivos, con el objetivo de investigar las incertidumbres asociadas al rango de los protones desde el punto de vista físico. Se pretende hacer un estudio cuantitativo con suficiente detalle para determinar la sensibilidad al rango de los protones de diversos métodos de detección de radiación secundaria, identificar posibles mejoras y plantear su implementación en sistemas realistas.

Metodología:

1. Estudio bibliográfico sobre la física de la protonterapia, la interacción de partículas cargadas en medios biológicos, y los aspectos relevantes de la determinación del rango de los protones y la planificación clínica.
2. Familiarización con los aspectos más relevantes de las técnicas experimentales de detección de rayos gamma, y métodos de verificación de rango en hadronterapia
3. Participación en actividades formativas específicas para los trabajos de fin de grado, directrices para la elaboración del trabajo y de la presentación
4. Participación en estudios del grupo de física nuclear en hadronterapia
5. Desarrollo del tema de estudio, redacción y revisión del trabajo.
6. Exposición de los trabajos previa a la presentación y defensa oficiales.

Bibliografía:

- Wilson, Radiology, vol. 47 (1946) 487-491
- Schardt et al., Reviews of modern physics 82(2010) 383-425
- Paganetti, "Proton therapy physics", 2nd edition, CRC Press, 2019
- España et al., Phys. Med. Biol. 56 (2011) 2687-2698
- TOPAS Tool for particle simulation, <https://www.topasmc.org>
- Krane, "Introductory Nuclear Physics", Wiley.
- Leo, WF, "Techniques for nuclear and particle physics experiments" 1987 Springer



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2024-25

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

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

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.

El alumno deberá adquirir conocimientos básicos sobre neurobiofísica:

- El potencial de Nernst en sistemas físicos y biológicos. Potencial de membrana.
- Las ecuaciones de transporte pasivo y activo a la propagación de señales nerviosas en membranas excitables. Potencial de acción en el sistema nervioso.
- Cómo se genera una señal por parte del sistema nervioso y el proceso fisiológico implicado en la contracción cardíaca y muscular.

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/a estas referencias a modo informativo.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2024-25



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica
Título:	Teranóstica, una tendencia al alza en medicina Nuclear
Title:	Theranostics, a rising trend in Nuclear Medicine
Tutor/es:	José Luis Contreras González
E-mail tutor/es:	joseluco@ucm.es
Número de plazas:	1
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

Teranóstica es la combinación de terapia y diagnóstico. En Medicina Nuclear (MN) se suele entender con la combinación de 2 fármacos con distintos radionucleidos pero con el mismo blanco biológico, uno para diagnóstico y otro para terapia. Queremos:

- 1- Entender y describir las técnicas de Terapia y diagnóstico en MN.
- 2- Estudiar las distintas combinaciones de radiofármacos en uso actual en Teranóstica y las propiedades y producción de los radioisótopos que usan.

Metodología:

Se trata de un trabajo fundamentalmente de revisión. Se proporcionará bibliografía tanto sobre la técnica como los radiofármacos y el estudiante tendrá reuniones frecuentes con el tutor para seguir el avance en el trabajo. Existe la posibilidad de incorporar algunos cálculos sencillos por Monte Carlo.

Bibliografía:

Physics in Nuclear Medicine, 4e (Saunders W.B.) Tapa dura - 17 abril 2012. S. Cherry, J.A: Sorenson, M.E: Phelps.
Future of Theranostics: An Outlook on Precision Oncology in Nuclear Medicine. Journal of Nuclear Medicine September 2019, 60 (Supplement 2)



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2024-25

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
Tutor/es:	Carmen García Payo
E-mail tutor/es:	mcgpayo@ucm.es
Número de plazas:	1
Asignación de TFG:	Asignación directa

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. Se utiliza alto voltaje para crear un campo eléctrico entre una disolución polimérica y una placa recolectora (generalmente metálica). 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 formándose una nanoestructura polimérica. 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, alginato y el quitosano se han utilizado para fabricar estructuras nanofibrosas en numerosos campos: aplicaciones biomédicas (como ingeniería de tejidos, liberación de fármacos, nano-vendas antibactericidas, etc.), biológicas, y muchas aplicaciones industriales como el tratamiento de aguas residuales.

Metodología:

- Revisión bibliográfica del estado del arte en membranas nanofibrosas de biopolímeros para aplicaciones biomédicas, principalmente liberación de fármacos y nano-vendas antibactericidas.
- Adquisición de conocimientos fundamentales sobre la técnica de electrohilatura.
- Realización de un trabajo experimental, fabricando membranas nanofibrosas para la liberación de fármacos.

El TFG propuesto es principalmente experimental, si bien una de las partes fundamentales de la metodología es la búsqueda bibliográfica. La bibliografía mencionada en esta ficha es muy general. Se proporcionará bibliografía adicional al estudiante una vez iniciado el trabajo.

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. Zaretsky, “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.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2024-25



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica
Título:	Aplicaciones de la Inteligencia Artificial en Física Médica
Title:	Applications of Artificial Intelligence in Medical Physics
Tutor/es:	Joaquín López Herraiz
E-mail tutor/es:	jlopezhe@ucm.es
Número de plazas:	2
Asignación de TFG:	Asignación directa

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 de introducción a Deep Learning y sus aplicaciones
2. Aprendizaje del manejo de las herramientas básicas 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, usando datos e imágenes de CT, MRI, PET y Ultrasonidos.
5. Desarrollo del tema de estudio.
6. Redacción

Bibliografía:

- Proyecto X-COV: <http://www.tomografia.es>
- Las matemáticas de la Inteligencia Artificial (Curso UCM): https://espanol.libretexts.org/Matematicas/Las_matematicas_de_la_inteligencia_artificial
- Libro: Python Deep Learning- Intro. práctica con Keras y TensorFlow 2 - J.Torres - 2020
- Deep learning in medical imaging and radiation therapy – B. Sahiner et al. <https://doi.org/10.1002/mp.13264>



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2024-25

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica
Título:	Neuroestimulación transcraneal: efectos de la optimización del montaje en diferentes clases diagnósticas
Title:	Transcranial neurostimulation: effects of montage optimization in different diagnostic classes
Tutor/es:	Gianluca Susi
E-mail tutor/es:	gsusi@ucm.es
Número de plazas:	1
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

Hoy en día existen diferentes herramientas de modelado para la simulación de la estimulación eléctrica transcraneal, que consisten en calcular la distribución de los campos en el cerebro cuando se aplican electrodos en la superficie del cráneo. Algunas de estas herramientas permiten optimizar la localización y la intensidad de la estimulación en regiones cerebrales específicas, para mejorar la eficacia y precisión de las terapias de neuroestimulación.

Este trabajo tiene como objetivos hacer una revisión bibliográfica sobre los simuladores de neuroestimulación transcraneal existentes, y llevar a cabo una simulación utilizando datos cerebrales reales. Finalmente, se pretende analizar las oportunidades proporcionadas por el proceso de optimización del montaje de los electrodos considerando diferentes clases diagnósticas.

Metodología:

- Revisión bibliográfica sobre simuladores de neuroestimulación transcraneal existentes.
- Simulación de la neuroestimulación usando datos de resonancia magnética de diferentes clases diagnósticas, sin y con optimización.
- Comparación de los resultados y evaluación de los efectos generados en diferentes clases diagnósticas.

Bibliografía:

1 - Luppi JJ, Stam CJ, Scheltens P, de Haan W (2024) Virtual neural network-guided optimization of non-invasive brain stimulation in Alzheimer's disease. PLOS Computational Biology 20(1): e1011164

2 - Merlet I, Birot G, Salvador R, Molaee-Ardekani B, Mekonnen A, Soria-Frishi A, et al. (2013). From oscillatory transcranial current stimulation to scalp EEG changes: a biophysical and physiological modeling study. PLoS ONE 8, e57330. doi: 10.1371/journal.pone.0057330



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2024-25



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica
Título:	Análisis de la EEG y MEG para estudiar la dinámica cerebral
Title:	Analysis of EEG and MEG for studying brain dynamics
Tutor/es:	Gianluca Susi, Juan Garcia-Prieto
E-mail tutor/es:	gsusi@ucm.es, jgarciaprieto@ucm.es
Número de plazas:	1
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

La Electroencefalografía (EEG) y la Magnetoencefalografía (MEG) miden magnitudes físicas electromagnéticas, relacionadas directamente con la actividad neuronal. De ahí deriva su alta resolución temporal y sus principales ventajas. Al mismo tiempo, la presencia del problema inverso compromete inevitablemente su resolución espacial, ofreciendo la literatura diferentes aproximaciones. Estas dos características dictan las principales cualidades de ambas técnicas, sus usos y aplicaciones habituales en el ámbito científico y médico. Los objetivos del presente trabajo serán 1) un estudio del marco teórico mediante el cual se procesan los datos para estimar la actividad cerebral tanto en EEG como en MEG, 2) una revisión bibliográfica de las ambas técnicas y 3) resumen de las principales contribuciones científicas derivadas de su uso.

Metodología:

- Se llevará a cabo un análisis riguroso del marco teórico de ambas técnicas.
- Revisión bibliográfica sobre trabajos de neurofisiología, neuroimagen, medicina y psicología.
- Se usarán las principales bases de datos científicas disponibles en la actualidad.

Bibliografía:

- [1] Malmivuo, J., & Plonsey, R. (1995). Bioelectromagnetism: principles and applications of bioelectric and biomagnetic fields. Oxford University Press, USA.
- [2] Hämäläinen, M., Hari, R., Ilmoniemi, R. J., Knuutila, J., & Lounasmaa, O. V. (1993). Magnetoencephalography—theory, instrumentation, and applications to noninvasive studies of the working human brain. *Reviews of modern Physics*, 65(2), 413.
- [3] da Silva, F. L. (2013). EEG and MEG: relevance to neuroscience. *Neuron*, 80(5), 1112-1128.
- [4] Ilmoniemi, R. J., & Sarvas, J. (2019). Brain signals: physics and mathematics of MEG.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2024-25



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica
Título:	Física y Medicina
Title:	Physics and Medicine
Tutor/es:	María Amparo Izquierdo Gil
E-mail tutor/es:	amparo@ucm.es
Número de plazas:	2
Asignación de TFG:	Asignación directa

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.